

# **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NA REGIÃO DE SETUBAL**

---

**André Shataloff**

Provas destinadas à obtenção do grau de Mestre em Gestão Integrada da  
Qualidade, Ambiente e Segurança  
Julho de 2013

---



**Instituto Superior de Educação e Ciências**

INSTITUTO SUPERIOR DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS

Provas para obtenção do grau de Mestre em Gestão Integrada da Qualidade,  
Ambiente e Segurança.

## **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NA REGIÃO DE SETÚBAL**

Autor: **André Shataloff**

Orientador: **Doutora Susana Marta Lopes Almeida**

Co-Orientador: **Mestre Isabel Maria de Freitas Abreu dos Santos**

Julho de 2013

## **Agradecimentos**

Todo trabalho mesmo aparentemente individual é fruto de uma caminhada grupal.

Agradeço a todos aqueles que se dispuseram a dividir os seus conhecimentos comigo.

Agradeço à Professora Doutora Susana Marta Lopes Almeida pela orientação, pela disponibilidade e empenho na realização deste trabalho.

Agradeço aos meus magnânimos professores do curso GIQAS; o meu muito obrigado a todos, especialmente à Mestre Isabel Abreu dos Santos, sendo responsável pela coordenação de matérias sobre o ambiente e o meu encaminhamento para o Instituto Tecnológico Nuclear.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos pela força e motivação. Especialmente aos meus pais Anatoli e Valdirce, sem os quais não chegaria aqui; à esposa Lissia e à filha Emillie, pelo apoio imensurável.

## Resumo

A poluição atmosférica é um dos problemas ambientais que provoca mais efeitos nocivos, a curto e longo prazo, constituindo por isso, preocupação internacional. Os impactos ambientais têm aumentado numa forma rápida, bem como as consequências nefastas para a saúde e para os recursos naturais. Por esta razão, é crucial uma gestão adequada da qualidade do ar.

Este trabalho tem como objetivo estudar a região de Setúbal no que concerne à qualidade do ar: identificando fontes emissoras de poluentes atmosféricos, apresentando taxas de emissão e avaliando as concentrações de poluentes em três redes de monitorização da qualidade do ar (Qualar, SECIL e EDP).

O estudo incidiu na região de Setúbal e no ano de 2010. Na primeira parte deste trabalho, apresentou-se o estado atual dos conhecimentos sobre a poluição atmosférica, quer em termos de legislação, quer em termos de instrumentos a serem implementados no sentido de minimizar os seus impactos no ambiente e na saúde humana. Na segunda etapa, é apresentada a região de Setúbal e as principais fontes produtoras de poluentes, com base em informações disponíveis pela Comissão Europeia e dados fornecidos pela Câmara Municipal de Setúbal. Na terceira fase, caracterizou-se a qualidade do ar na região estudada, através da análise das concentrações dos poluentes CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> e O<sub>3</sub> medidas nas redes de monitorização da qualidade do ar localizadas em Setúbal. Efetuou-se o enquadramento legal e a identificação de fontes não só através da análise de tendências horárias, mensais e anuais, como também através da interpretação das concentrações relativamente à direção dos ventos.

É observado a melhoria da qualidade do ar na região de Setúbal na última década, entretanto o O<sub>3</sub> é um problema pois excede os valores limites estabelecidos. Sendo um poluente secundário, deve-se observar seus poluentes precursores.

O trabalho aqui apresentado contribui para o melhor conhecimento da qualidade do ar da região de Setúbal. Este estudo revela-se, então, essencial na avaliação da eficácia de planos e programas que visem a redução das emissões de poluentes atmosféricos e o cumprimento dos objetivos acordados na Comunidade Europeia.

**Palavras-chave:** Qualidade do ar, poluentes atmosféricos, fontes emissoras, Setúbal.

## Abstract

Air pollution is one of the environmental problems that causes more harm in short or long term, and is therefore of international concern. The environmental impacts are increasing rapidly, as the extremely harmful consequences to the health and preservation of natural resources. For this reason, it is crucial an adequate management of air quality.

This study aim to study the region of Setubal regarding the air quality: identifying emission sources of air pollutants, presenting emission rates and evaluating the pollutants concentration in three air quality monitoring networks (Qualar, SECIL e EDP).

The study focused in the region of Setúbal in 2010. In the first approach of this work the current state of knowledge on air pollution was presented, in terms of legislation, instruments to be implemented to minimize environmental impacts and human health. In the second step, it was presented the Setúbal region and its main sources of pollutants based on informations available by the European Commission and data provided from the Setúbal Municipality. In the third phase, air quality in the region was characterized by analyzing the concentrations of the pollutants CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> and O<sub>3</sub> measured in the local air quality monitoring networks. Legal framework was performed and emission sources were identified not only by analyzing hourly, monthly and yearly trends, but also through the interpretation of concentrations according with the wind direction.

It noted the improvement of air quality in the region of Setubal in the last decade, however O<sub>3</sub> is a problem because it exceeds the limits established. Being a secondary pollutant it must be observed its precursor pollutants.

The work presented here contributes to a better understanding of air quality in the region of Setubal. This study revealed then essential to evaluate the effectiveness of plans and programs aimed at reducing emissions of air pollutants and compliance with agreed objectives within the European Community.

**Keywords:** Air quality, atmospheric pollutants, emission sources, Setúbal.

# ÍNDICE

Resumo.....	i
Abstract.....	ii
Índice de figuras.....	iv
Índice de tabelas.....	v
Índice de gráficos.....	vi
Siglas e Abreviaturas.....	vii
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>PARTE I - ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
1. LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO: CONCELHO DE SETÚBAL.....	4
1.1 <i>Concelho de Setúbal: Principais Pontos de Interesse e Geração de Negócios</i> .....	6
1.2 <i>Tráfego Rodoviário</i> .....	9
1.3 <i>Transporte Ferroviário</i> .....	9
1.4 <i>Porto de Setúbal</i> .....	10
1.5 <i>Indústria</i> .....	11
2. AR ATMOSFÉRICO: CONCEITOS, FONTES E IMPACTES.....	15
2.1 <i>Atmosfera</i> .....	15
2.2 <i>Poluição Atmosférica</i> .....	16
2.3 <i>Poluentes Atmosféricos</i> .....	17
2.4 <i>Fontes de Poluição</i> .....	26
2.5 <i>Emissões de poluentes no Concelho de Setúbal</i> .....	29
2.6 <i>Efeitos para a Saúde Humana</i> .....	32
2.7 <i>Legislação</i> .....	35
3. REDES DE MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DO AR.....	37
3.1 <i>Critérios para localização das estações de monitorização da qualidade do ar</i> .....	39
3.2 <i>Classificação das estações de monitorização</i> .....	42
<b>PARTE II - METODOLOGIA.....</b>	<b>46</b>
<b>PARTE III - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>50</b>
1. RESULTADOS.....	50
1.1 <i>Evolução histórica do índice de qualidade do ar e poluentes na Região de Setúbal</i> .....	50
1.2 <i>Conformidade legal das concentrações de Poluentes na Região de Setúbal</i> .....	52
1.3 <i>Gráficos das médias horária das concentrações</i> .....	60
1.4 <i>Gráficos de sazonalidade das concentrações</i> .....	62
1.5 <i>A direção dos ventos nas concentrações dos poluentes</i> .....	64
2. DISCUSSÃO.....	82
2.1 <i>Análise histórica do índice de qualidade do ar e poluentes na Região de Setúbal</i> .....	82
2.2 <i>Avaliação da conformidade legal das concentrações de Poluentes na Região de Setúbal</i> .....	84
2.3 <i>Identificação de fontes emissoras</i> .....	88
2.4 <i>Dados Estatísticos</i> .....	97
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>105</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>107</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS</b>	

## Índice de Figuras

<b>Figura 1-I</b> – Imagem por satélite da localização de Setúbal.....	5
<b>Figura 1-II</b> - Principais Pontos de Interesse e Negócios.....	8
<b>Figura 1-III</b> – Fotografia aérea do Porto de Setúbal.....	11
<b>Figura 1-IV</b> - Principais pontos de atividades industriais na região de Setúbal.....	12
<b>Figura 1-V</b> - Esquema representativo dos poluentes primários e secundário.....	18
<b>Figura 1-VI</b> - Emissões de SO <sub>x</sub> em Setúbal por setor de atividade.....	30
<b>Figura 1-VII</b> - Emissões de NO <sub>x</sub> em Setúbal, por setor de atividade.....	31
<b>Figura 1-VIII</b> - Emissões de PM <sub>10</sub> em Setúbal, por setor de atividade.....	32
<b>Figura 2-I</b> - Localização das estações de monitorização utilizadas no presente estudo.....	48
<b>Figura 3-I</b> - Índice anual de qualidade na região de Setúbal.....	51
<b>Figura 3-II</b> - Evolução Global das Concentrações entre 2007 e 2010.....	51
<b>Figura 3-III</b> – Concentrações médias horárias dos poluentes SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , CO, NO, NO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub> em 2010 (valores em µg/m <sup>3</sup> ).....	61
<b>Figura 3-IV</b> – Concentrações médias mensais dos poluentes SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , CO, NO, NO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub> em 2010 (valores em µg/m <sup>3</sup> ).....	63
<b>Figura 3-V</b> – Rosa-dos-ventos representativa da região de Setúbal.....	65
<b>Figura 3-VI</b> – Rosas de Poluentes – Estudo do CO.....	66
<b>Figura 3-VII</b> - Mapas radiais referentes ao CO.....	67
<b>Figura 3-VIII</b> – Rosas de Poluentes – Estudo do NO <sub>2</sub> .....	68
<b>Figura 3-IX</b> – Mapas radiais referentes ao NO <sub>2</sub> .....	69
<b>Figura 3-X</b> - Rosas de Poluentes – Estudo do NO.....	70
<b>Figura 3-XI</b> - Mapas radiais referentes ao NO.....	71
<b>Figura 3-XII</b> - Rosas de Poluentes – Estudo do NO <sub>x</sub> .....	72
<b>Figura 3-XIII</b> - Mapas radiais referentes ao NO <sub>x</sub> .....	73
<b>Figura 3-XIV</b> - Rosas de Poluentes – Estudo do O <sub>3</sub> .....	74
<b>Figura 3-XV</b> - Mapas radiais referentes ao O <sub>3</sub> .....	75
<b>Figura 3-XVI</b> - Rosas de Poluentes – Estudo do PM <sub>2,5</sub> .....	76
<b>Figura 3-XVII</b> - Mapas radiais referentes ao PM <sub>2,5</sub> .....	77
<b>Figura 3-XVIII</b> - Rosas de Poluentes – Estudo do PM <sub>10</sub> .....	78
<b>Figura 3-XIX</b> - Mapas radiais referentes ao PM <sub>10</sub> .....	79
<b>Figura 3-XX</b> - Rosa de Poluentes – Estudo do SO <sub>2</sub> .....	80
<b>Figura 3-XXI</b> - Mapas radiais referentes ao SO <sub>2</sub> .....	81

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1-I</b> - Principais pontos de interesse e de negócios na região de Setúbal.....	6
<b>Tabela 1-II</b> - Principais fontes dos poluentes .....	28
<b>Tabela 1-III</b> - Principais efeitos dos poluentes.....	33
<b>Tabela 1-IV</b> - Valores Limite dos diversos poluentes para a prevenção da saúde humana.....	36
<b>Tabela 2-I</b> - Quadro Geral da Rede de Monitorização Estudada.....	47
<b>Tabela 3-I</b> – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de CO em 2010.....	52
<b>Tabela 3-II</b> – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de NO em 2010.....	53
<b>Tabela 3-III</b> – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de NO <sub>2</sub> em 2010.....	54
<b>Tabela 3-IV</b> – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de NO <sub>x</sub> em 2010.....	55
<b>Tabela 3-V</b> – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de O <sub>3</sub> em 2010.....	56
<b>Tabela 3-VI</b> – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de PM <sub>2,5</sub> em 2010.....	57
<b>Tabela 3-VII</b> – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de PM <sub>10</sub> em 2010.....	58
<b>Tabela 3-VIII</b> – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de SO <sub>2</sub> em 2010.....	59
<b>Tabela 3-IX</b> – Correlações das Redes de Monitorização do CO.....	95
<b>Tabela 3-X</b> – Correlações das Redes de Monitorização do NO <sub>2</sub> .....	96
<b>Tabela 3-XI</b> – Correlações das Redes de Monitorização do NO.....	97
<b>Tabela 3-XII</b> – Correlações das Redes de Monitorização do NO <sub>x</sub> .....	99
<b>Tabela 3-XIII</b> – Correlações das Redes de Monitorização do O <sub>3</sub> .....	100
<b>Tabela 3-XIV</b> – Correlações das Redes de Monitorização do PM <sub>2,5</sub> .....	101
<b>Tabela 3-XV</b> – Correlações das Redes de Monitorização do PM <sub>10</sub> .....	102
<b>Tabela 3-XVI</b> – Correlações das Redes de Monitorização do SO <sub>2</sub> .....	103



## Índice de Quadros

<b>Quadro 1-I</b> – Caracterização das estações de monitorização.....	43
<b>Quadro 1-II</b> - Caracterização das estações de tráfego.....	43
<b>Quadro 1-III</b> - Classificação das estações de fundo.....	44

## Siglas e Abreviaturas

APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CCDR	Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
COV	Compostos orgânicos voláteis
DGA	Direção Geral do Ambiente
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
EDP	Gestão de Produção de Energia, S.A.
EPA	Environmental Protection Agency – U.S.A.
EIONET	European Environment Information and Observation Network
E-PRTR	The European Pollutant Release and Transfer Register
EEA	European Environmental Agency
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
INE	Instituto Nacional de Estatística
LRN	Laboratório de Referência Nacional
NO	Monóxido de Azoto
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Azoto
NO <sub>2</sub>	Dióxido de Azoto
NUT	Nomenclatura de Unidade Territorial
O <sub>3</sub>	Ozono
PM <sub>2,5</sub>	Partículas com Diâmetro Aerodinâmico Inferior a 2,5µm
PM <sub>10</sub>	Partículas com Diâmetro Aerodinâmico Inferior a 10µm
RMQA	Rede de Monitorização de Qualidade do Ar
SECIL	Companhia Geral de Cal e Cimento S.A.
Qualar	Qualidade do Ar: Agência Portuguesa do Ambiente
SO <sub>x</sub>	Óxidos de Enxofre
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Enxofre
VL	Valor limite

## INTRODUÇÃO

A qualidade do ar ambiente tem sua importância aumentada nos últimos anos tanto na comunidade científica quanto na sociedade em geral. A preocupação não se restringe a emissão crescente de CO<sub>2</sub> na atmosfera, mas também a todos poluentes cujos efeitos são nocivos a saúde humana. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) o aumento do número de pessoas a morrer prematuramente em função das queimas de combustíveis fósseis por exemplo já nos chama a atenção. Conhecer a natureza das fontes geradoras de poluentes é elemento vital ao controlo de emissões e medidas de prevenção. Os poluentes atmosféricos possuem um ciclo de vida, um percurso na atmosfera que engloba a emissão, a dispersão, a transformação, o transporte e em alguns casos a remoção das partículas. Portanto nesse estudo as fontes emissoras antropogénicas ou naturais podem ser classificadas em partículas grosseiras, aquelas sedimentadas perto da sua fonte ou partículas finas que são transportadas a longas distâncias a exemplo de queimadas. Os poluentes gasosos além desses fatores irão passar por reações físico-químicas.

Esta investigação iniciou durante a realização de um estágio em parceria do ISEC e ITN, participando na instalação dos equipamentos e obtenção das amostras de partículas em duas regiões: Estação Quebedo e Estação dos Arcos, da Rede da Qualidade do Ar da Região de Lisboa e Vale do Tejo na cidade de Setúbal. Observou-se a importância de se estudar outras estações próximas para ter uma visão mais aprofundada da condição ambiental na região e ter uma visão histórica, da evolução da emissão dos poluentes. A gestão da qualidade do ar envolve, geralmente, modelos de dispersão – o levantamento das principais fontes de emissão e de dados meteorológicos na região de Setúbal, contribui para a execução de modelos de dispersão – que estimam o impacto ambiental das fontes emissoras de poluentes, recorrendo: a) à identificação dessas mesmas fontes e ao conhecimento das suas características e intensidade das suas emissões; b) ao estudo do transporte das substâncias desde a sua emissão até ao receptor e c) ao conhecimento dos processos de

transformação física e química que ocorrem durante o transporte. No entanto, para além da atmosfera ser um sistema complexo, sendo impossível controlar todos os processos que nela ocorrem, é difícil obter inventários precisos das emissões, bem como informação meteorológica detalhada e fiável. De forma a contornar as limitações existentes nestes métodos, os modelos no receptor (Almeida, 2004) surgem como um instrumento de grande aplicabilidade em estudos atmosféricos. A EPA reconhece a sua importância na década de 80 (Core, 1981) e, desde então, verifica-se um crescente desenvolvimento e utilização destes modelos, fundamentalmente aplicados a estudos com aerossóis atmosféricos (Paatero e Hopke, 2002; Polissar *et al.*, 2001; Poirot *et al.*, 2001).

O objetivo *geral* deste trabalho é estudar a região de Setúbal no que diz respeito à qualidade do ar. Deste modo esta tese tem como objetivos *específicos*: a) efectuar um levantamento das principais fontes pontuais e móveis existentes na região; b) identificar taxas de emissão de poluentes associados a cada setor; c) avaliar a qualidade do ar na região de Setúbal recorrendo as redes disponíveis de monitorização; d) efectuar o enquadramento legal; e) avaliar tendências anuais, mensais e horárias da concentração dos poluentes  $CO$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$ ,  $O_3$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $SO_2$ ; f) identificar fontes de poluentes associadas às concentrações medidas nas redes de monitorização da qualidade do ar; g) ter uma visão do comportamento dos poluentes quanto a sazonalidade e a variação horária.

Para a concretização dos objetivos propostos por essa dissertação, o trabalho divide-se em três partes:

- Parte I – o enquadramento teórico aos conceitos relativos à qualidade do ar, fontes de poluentes e respectivos impactes; apresentar a região de Setúbal e as principais fontes produtoras de poluentes.

- Parte II – apresentação da metodologia.

- Parte III – caracterização da qualidade do ar na região estudada, através da análise das concentrações dos poluentes  $CO$ ,  $SO_2$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$  e  $O_3$ , medidas nas redes de monitorização da qualidade do ar localizadas em Setúbal; o enquadramento legal e a identificação de fontes não só através da análise de tendências horárias, mensais e anuais, como também através da interpretação das concentrações relativamente à direção dos ventos; apresentação das conclusões e considerações finais.

## PARTE I - ENQUADRAMENTO TEÓRICO

A partir da revolução industrial a poluição atmosférica passou a constituir um problema para a Humanidade, uma vez que, com a industrialização e a urbanização, esta teve um aumento muito significativo. Este assunto deixou de ser um problema local para se tornar global, interferindo e desequilibrando os processos físico - químicos que ocorrem na atmosfera. Um exemplo disso são as alterações climáticas que se traduzem, entre muitos outros efeitos, no aquecimento global do planeta com todas as repercussões resultantes.

Com o desenvolvimento tecnológico, o número de indústrias cresceu mundialmente e juntamente com elas, a quantidade dos subprodutos resultantes do seu fabrico. A maior parte destes subprodutos tem um destino incerto, sendo lançados, muitas vezes, na atmosfera, sem nenhum tratamento final, contaminando assim não só o ambiente local como também alcançando lugares longínquos.

Apesar de ser reconhecida a necessidade de salvaguardar o recurso natural ar, a crescente concentração da atividade industrial em determinadas zonas tem, frequentemente, resultado na degradação deste recurso.

Os impactes ambientais têm vindo a aumentar, bem como a geração de consequências extremamente prejudiciais à saúde e à preservação de recursos naturais.

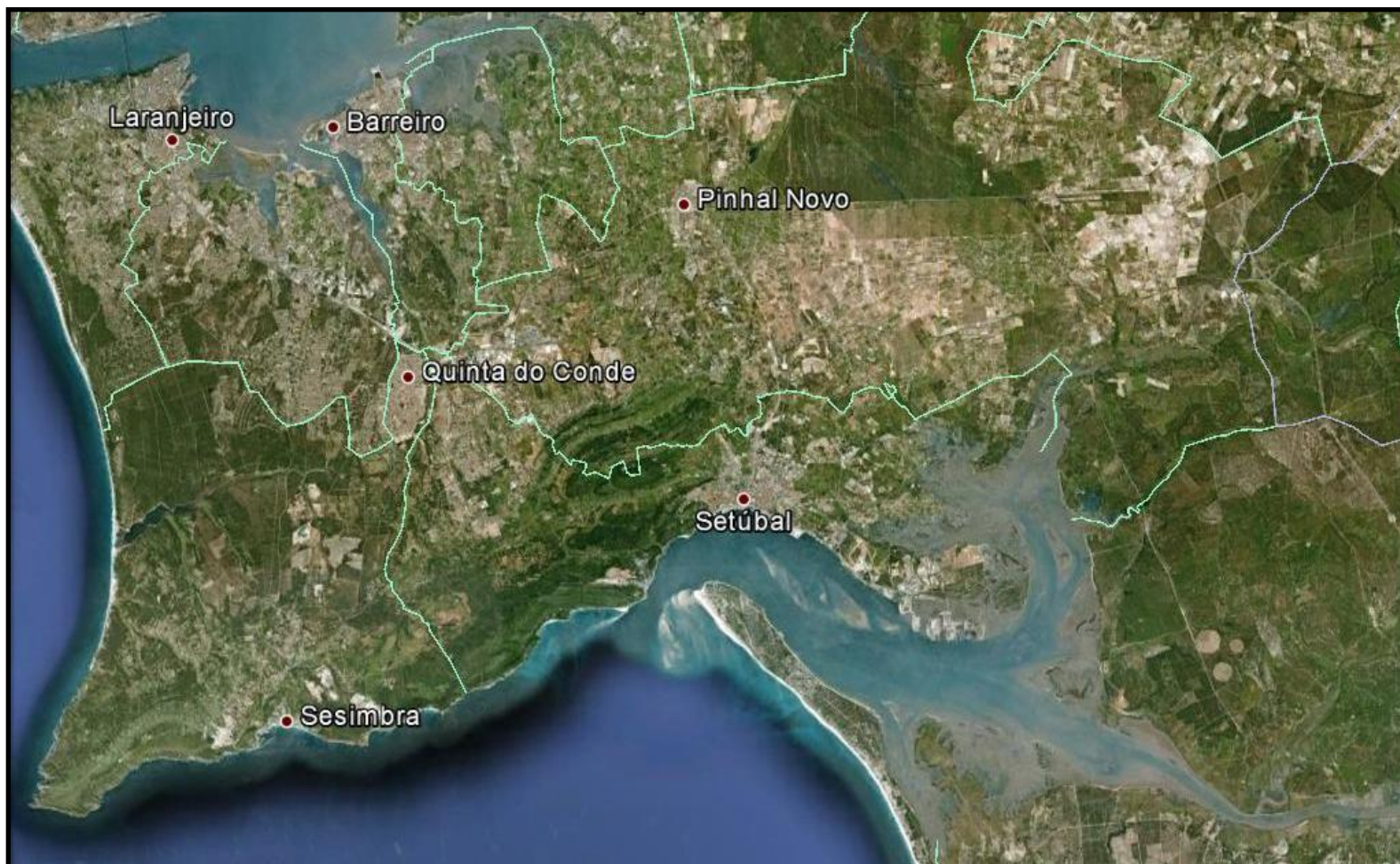
A qualidade do ar é indissociável do conceito de qualidade de vida, principalmente no meio urbano. Assim, surgiu a necessidade de se encontrar parâmetros que permitam avaliar a qualidade do ar e na sequência destas avaliações proceder-se à identificação de fontes emissoras de poluentes e consequentemente de medidas de mitigação a adotar nos locais com qualidade de ar diminuída.

Assim, para avaliar o nível de degradação do recurso ar num determinado local, recorre-se normalmente à realização de medições da concentração dos poluentes. Estas medições podem ser efetuadas recorrendo a estações móveis ou a estações fixas. Recorre-se às primeiras quando se pretende realizar campanhas de medição que sejam limitadas no tempo e no espaço, e recorre-se do segundo tipo de estação quando se pretende monitorizar, continuamente, o nível de poluição que ocorre num determinado local.

Em Portugal, no início da primeira década do século XXI, ocorreu o redimensionamento da rede de qualidade do ar existente, por força de novas diretrizes comunitárias e, consequentemente, nacionais. Deste modo, a rede de monitorização foi alargada à dimensão nacional. A rede de pontos de amostragem foi estabelecida de modo a fornecer uma boa cobertura espacial do território de acordo com os objetivos de monitorização estabelecidos. O primeiro objetivo visa a proteção da saúde humana, nomeadamente, das classes etárias mais vulneráveis como as crianças, os idosos e aqueles que possuem doenças pré-existentes.

## **1 Localização do estudo: Concelho de Setúbal**

O território do concelho de Setúbal estende-se por uma área de cerca de 230,3 km<sup>2</sup>, onde residem cerca de 121.185 habitantes, de acordo com os dados provisórios do INE relativamente aos Censos de 2011 (Câmara Municipal de Setúbal, 2012). A nível administrativo assume a função de capital de Distrito e está integrado na sub-região da Península de Setúbal (NUT III) e na Região de Lisboa (NUT II), fazendo igualmente parte da Área Metropolitana de Lisboa. Na figura 1-I, é apresentada a imagem de satélite da região de Setúbal.



**Figura 1-I** - Imagem por satélite da localização de Setúbal e demarcações em verde dos conselho. (Fonte: Google Earth, 2012)

## 1.1 Principais Pontos de Interesse e Geração de Negócios

Segundo dados obtidos pela Câmara Municipal de Setúbal (2011), a proporção entre os setores produtivos são:

a) O setor primário, representa 2% das empresas do concelho, com produção de produtos, como por exemplo: peixe, ostra, vinho, queijo e leite.

b) O setor secundário representa 17% das empresas, tendo como principais atividades transformadoras os adubos e produtos químicos, os cimentos, a pasta papel e cartão, a indústria naval e a metalomecânica.

c) O setor terciário é o mais relevante, representando 81% das empresas do concelho. Realça-se neste setor o comércio, o imobiliário, as atividades financeiras, o ensino, a educação, a saúde e a administração pública. No setor do turismo, tem havido maior interesse e investimento. Setúbal oferece condições para o turismo de negócios e de lazer. Tem uma capacidade hoteleira de 1724 camas, distribuídas por 16 unidades de alojamento.

Na figura 1-II, temos a localização dos principais pontos de interesse e de negócios; a sua descrição encontra-se na tabela 1-I.

**Tabela 1-I** - Principais pontos de interesse e geração de negócios na região de Setúbal.

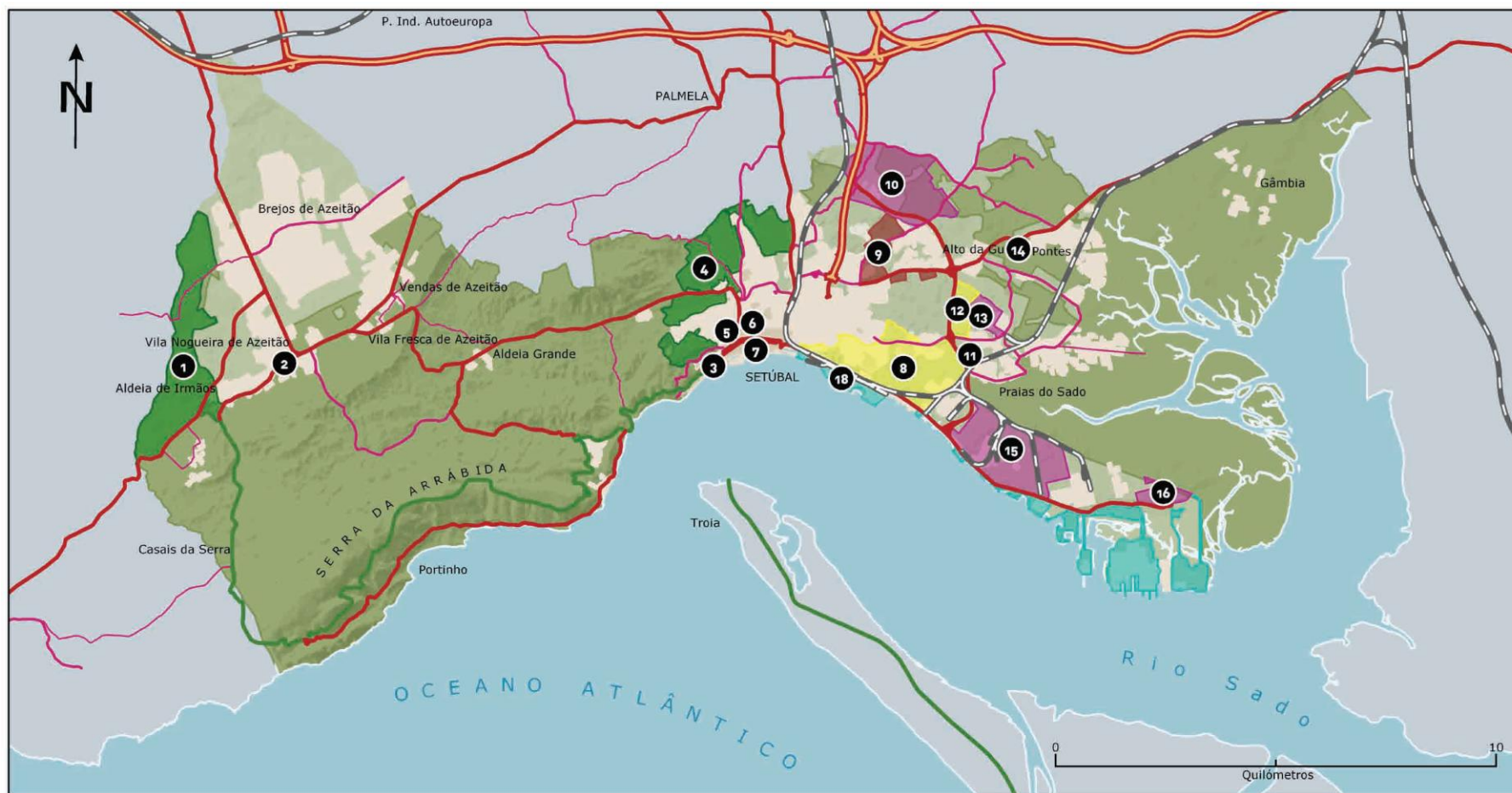
1	Quintas de Azeitão
2	Área de reabilitação humana: Vila Nogueira de Azeitão.
3	Área de reabilitação humana: Frente Ribeirinha de Setúbal.
4	Quintas de Setúbal
5	Área de reabilitação humana: R. da Brasileira.
6	Área de reabilitação humana: Troino.
7	NNIES - Ninho de novas iniciativas empresariais de Setúbal. Localizado no Mercado do Livramento no centro histórico de Setúbal, no primeiro piso com cerca de 1.000m <sup>2</sup> de área, irá disponibilizar gabinetes para incubação de empresas, de micro e pequena dimensão, com ideias/projetos inovadores.
8	Nascente de Setúbal



**Tabela 1-I** - Principais pontos de interesse e geração de negócios na região de Setúbal.  
(cont.)

9	Pólo Comercial do Monte Belo. Uma área de cerca de 872 000,00 m <sup>2</sup> , situada na freguesia de S. Sebastião, ainda não é um Parque Empresarial/Loteamento Industrial como os anteriores, pretende ser implantada superfícies comerciais retalhistas com alguma dimensão.
10	Pólo de Serviços, Logística e Indústria. O futuro Pólo de Serviços, Logística e Indústria Ligeira de Poçoilos a norte da cidade de Setúbal, entre o Porto de Setúbal e a futura Plataforma Logística do Poceirão, abrange uma área de cerca de 300 ha, beneficiando de uma ligação direta à Autoestrada AE12.
11	Campus do Instituto Politécnico de Setúbal.
12	Parque de Ciência e Tecnologia.
13	Pólo BlueBiz Global Parques – Parque Empresarial da Península de Setúbal. Sob propriedade e gestão da AICEP Global Parques, o BlueBiz a 40 km de Lisboa, ocupa uma área de 56 ha totalmente infraestruturada.
14	Eira Park. O Eira Park com uma área de cerca de 35 mil m <sup>2</sup> está localizado na freguesia de Gâmbia, Pontes e Alto da Guerra, junto à EN10, tendo resultado de uma operação de reconversão urbanística das antigas instalações da empresa Sado Internacional.
15	Parque Industrial Sapec Bay. O Parque Industrial Sapec Bay foi constituído a partir das instalações da Sapec, tendo sido criado e instalado ao abrigo do D.L. n.º 232/92, de 22 de Outubro, e da Portaria n.º 63/94, de 28 de Janeiro, e situa-se na Herdade das Praias, Península da Mitrena. A área é de 3.606.499 m <sup>2</sup> . A entidade gestora é a Sapec – Parques Industriais, S.A., assegurando a prestação de diversos serviços. O parque industrial dispõe de um conjunto de infraestruturas onde se destaca: terminal rodoviário ligado à rede rodoviária principal; terminal ferroviário; cais portuário entre outros.
16	Zona Industrial da Mitrena. Iniciativa municipal em 1989 tem uma área global de 373.800 m <sup>2</sup> e 46 lotes. A dimensão dos lotes varia entre os 4.250 m <sup>2</sup> e os 19.717 m <sup>2</sup> .
17	Porto de Setúbal

Fonte: Câmara do Concelho de Setúbal ( 2011) – Vide Anexo I – Os investimentos globais que estão a ser efectuados em Setúbal.



### Legenda:

#### Acessibilidades:

- Eixo ferroviário
- Auto-Estrada
- Estrada Nacional
- Estrada Regional
- Estrada Municipal

#### Áreas em destaque:

- Área em planeamento
- Área Portuária
- Comércio
- Indústria e Serviços
- Quintas

#### Pontos de interesse:

- 1 - Quintas de Azeitão
- 2 - Área de Reabilitação Urbana: Vila Nogueira de Azeitão
- 3 - Área de Reabilitação Urbana: Frente Ribeirinha de Setúbal
- 4 - Quintas de Setúbal
- 5 - Área de Reabilitação Urbana: R. da Brasileira
- 6 - Área de Reabilitação Urbana: Troino
- 7 - Ninho de Novas iniciativas empresariais de Setúbal
- 8 - Setúbal Nascente
- 9 - Polo Comercial Monte Belo

- 10 - Polo de serviços, logística e Indústria ligeira de Poçoilos
- 11 - Campus do Instituto Politécnico de Setúbal
- 12 - Parque de Ciência e Tecnologia
- 13 - BlueBizz
- 14 - EIRA Park
- 15 - Sapec Bay
- 16 - Loteamento Industrial da Mitrena
- 17 - Porto de Setúbal

## 1.2 *Tráfego Rodoviário*

- A Estrada Nacional EN10, atravessa o Concelho na direção Este-Oeste a Oeste ligando Setúbal aos Concelhos de Sesimbra. Assegura a ligação do Porto de Setúbal / Península Industrial da Mitrena à A12.

- A A12 é autoestrada que liga Setúbal à Lisboa (Sacavém), numa extensão de 41 km, compreendendo a Ponte Vasco da Gama.

- Na proximidade a 5 km de Setúbal a A2 passa por Palmela e é em extensão a segunda maior autoestrada portuguesa. Com um comprimento de 240,2 km, liga Lisboa a Albufeira, atravessando os distritos de Setúbal, Évora, Beja e Faro.

## 1.3 *Transporte Ferroviário*

A nível ferroviário importa salientar:

- Linha do Sul – liga a Linha de Cintura (Lisboa) na zona de Campolide à Linha do Algarve em Tunes, via Pinhal Novo e Setúbal.

- Linha do Alentejo – não servindo diretamente o Concelho de Setúbal, liga o Barreiro à Linha do Sul no Pinhal Novo, infletindo aí para Nascente servindo Vendas Novas, Casa Branca e Beja até se ligar de novo à Linha do Sul em Funcheira.

- Ligando a Linha do Alentejo na zona de Poceirão à Linha do Sul na zona de Águas de Moura, a Concordância de Poceirão promove o fecho do denominado Anel Ferroviário da Península de Setúbal. Pelo Porto de Setúbal movimentam-se diariamente cerca de 28 comboios com mercadorias, com transporte anual de 150 000 toneladas. Sinergia multimo-

dal muito aproveitada nos setores dos produtos siderúrgicos e no ramo automóvel. (Câmara Municipal de Setúbal, 2011).

### ***1.3.1 Estação Ferroviária de Setúbal***

- Pela Fertagus são prestados serviços suburbanos de 14 paragens de Lisboa (Roma-Areeiro) a Setúbal/Praias do Sado;
- Serviços Regionais Setúbal/ Faro operados pela CP;
- Serviços Intercidades Lisboa/ Setúbal/Faro, operados também pela CP.

### ***1.4 Porto de Setúbal***

Relativamente ao transporte fluvial, os serviços existentes são os seguintes:

- Serviço Ferry, entre a Doca do Comércio (Setúbal) e o Cais Sul (Troia);
- Serviços Passageiros (Catamarans), entre o Cais 3 (Setúbal) e Ponta do Adoxe (Troia);

O Porto de Setúbal, situado no Estuário do Sado, estendendo-se por uma faixa ininterrupta de cerca de 12 km, possui 4 terminais de movimentação pública e 7 terminais de uso privativo. A figura 1-III apresenta a imagem de um dos terminais. (APSS, 2011).

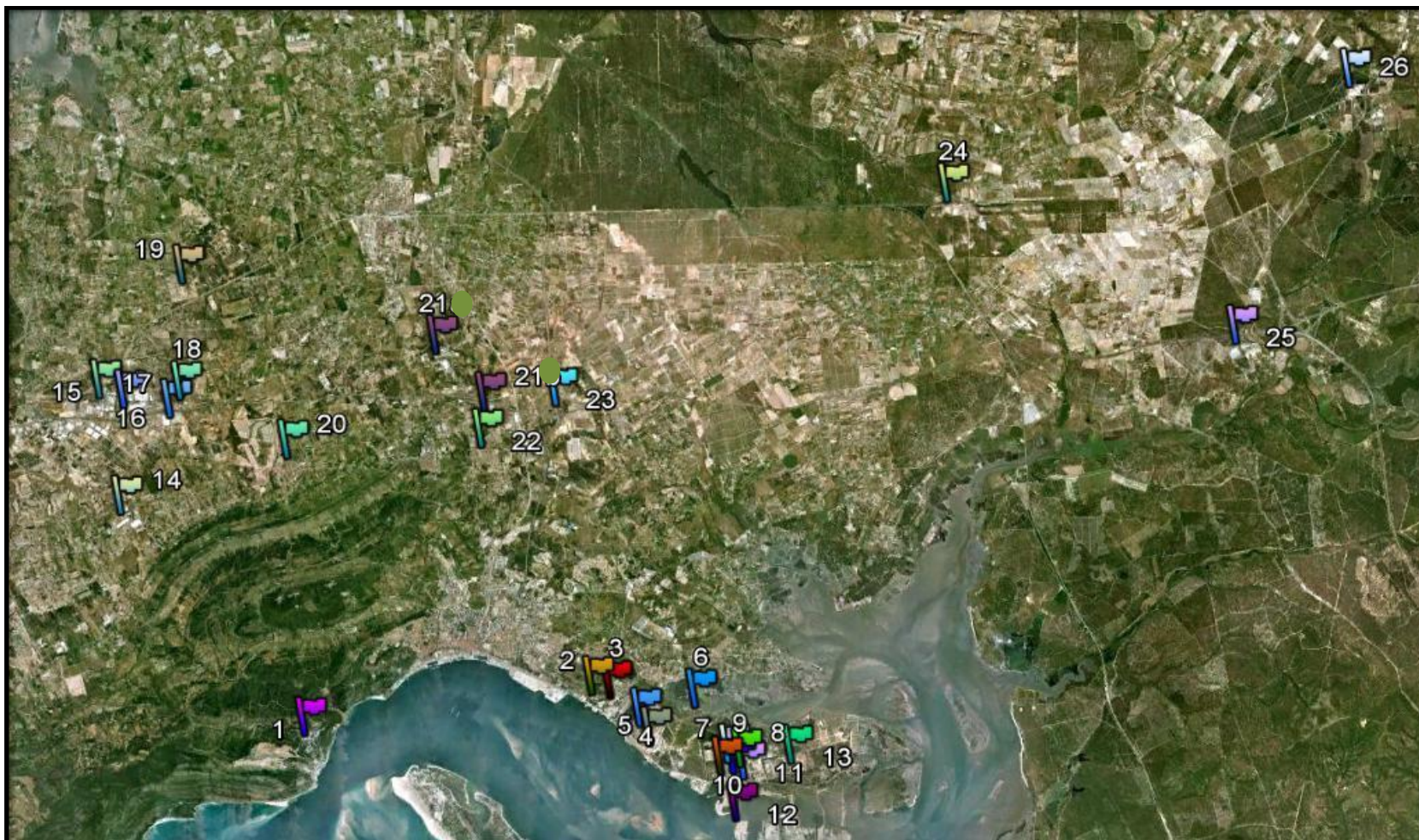


**Figura 1-III** - Fotografia aérea do Porto de Setúbal. (Fonte: APSS – Administração dos Portos de Setúbal e Sesimbra, SA. 2011)

## 1.5 *Indústria*

Na região de Setúbal foram destacadas 26 empresas, através do relatório da EIONET, (E-PRTR, 2012), que constituem pontos de possível produção de poluentes industriais. As 13 primeiras estão localizadas em Setúbal e as outras 13 em Palmela destacadas e identificados na figura 1-IV, Dados detalhados sobre cada empresa, observe o Anexo II.





**Figura 1-IV** - Principais pontos de atividades industriais na região de Setúbal. (Fonte: E-PRTR, 2012).

Empresas destacadas:

- |                 |                        |                 |                 |
|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| 1. SECIL Outão; | 2. ETAR Setúbal;       | 3. EDP Setúbal; | 4. CITRI;       |
| 5. SAPEC;       | 6. Lisnave;            | 7. Portucel;    | 8. SPCG;        |
| 9. Omya;        | 10. Portucel Soporcel; | 11. Ambicare;   | 12. Eco-Oil;    |
| 13. SOPAC;      | 14. Safetykleen;       | 15. Faurecia;   | 16. Volkswagen; |
| 17. Amcor;      | 18. SPPM;              | 19. Amarsul;    | 20. Lifresca;   |
| 21. RESIBRAS;   | 22. Electrofer IV;     | 23. Salemo;     | 24. Carmongado; |
| 25. Parmalat;   | 26. Milne;             |                 |                 |

Estas fontes de poluição, representam as seguintes atividades:

- Produção de agroquímicos;
- Fabrico de produtos químicos auxiliares para uso industrial;
- Centro para Tratamento de Resíduos Industriais;
- Indústria de Betão;
- Produção de Cimentos;
- Gestão global e integrada de resíduos industriais;
- Central termoelétrica (em laboração no ano a que a tese se refere);
- Fabrico de papel e pasta de papel;
- Terminais Marítimos;
- Estaleiros Navais;
- Entre outras.

As fontes de poluentes, dispostas no subcapítulo 1.1.5 e na figura 1-IV, foram identificadas pela Comissão Europeia através da EIONET – *European Environment Information and Observation Network*, relatado no E-PRTR - *The European Pollutant Release and Transfer Register*. O principal objetivo da Comissão Europeia é promover o conhecimento

das informações obtidas pelos organismos governamentais, nomeadamente a APA, em Portugal. Assim, a sociedade, o cidadão, pode informar-se quanto a fontes potenciais de poluição na sua região. Com isso, conseguimos identificar a localização das empresas bem como a sua actividade. Podemos também saber qual o volume de material poluente produzido e lançado na atmosfera. Com base nesta informação, no Anexo II, para cada unidade são apresentadas as atividades industriais associadas, os poluentes emitidos para a atmosfera em 2010 e o histórico de emissão de poluentes.



## 2 Ar atmosférico: conceitos, fontes e impactes

O ar é um elemento importante para a vida de todos os seres vivos. O homem pode sobreviver vários dias sem água, algumas semanas sem alimento, mas poucos minutos sem respirar. Deste modo, é importante saber as concentrações dos vários constituintes do ar a partir dos quais é possível observar os efeitos da poluição, definir normas de qualidade do ar e certificarmo-nos do respeito por estas normas.

Denomina-se “poluído” o ar que contenha um ou mais, dos produtos considerados “poluentes”, os contaminantes, durante um tempo e em concentrações tais que produzam efeitos nocivos. Os transportes, o aquecimento doméstico, as atividades agrícolas, domésticas e as indústrias, são as principais fontes de degradação do ar ambiente; a isto chama-se poluição atmosférica antropogénica (ou seja, a poluição causada pelo Homem). (Araújo, 2008). No escopo deste trabalho os elementos poluentes estudados são: CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> e O<sub>3</sub>.

### 2.1 *Atmosfera*

Uma atmosfera (do grego “ vapor” e ”esfera”) é uma camada de gases, que envolve um corpo material com massa suficiente. A atmosfera terrestre é uma fina camada de gases presa à Terra pela força da gravidade; protege os seres vivos dos raios UV, faz a ancoragem do gás oxigénio e retém o calor (efeito estufa).

A atmosfera pode, convencionalmente, dividir-se em 5 camadas com características físicas substancialmente diferentes, nomeadamente a troposfera, a estratosfera, a mesosfera, termosfera e a exosfera (Morrison *et al.*, 2002).

As Camadas da Atmosfera, (Gomes, 2011) são:

a) **Troposfera:** é a camada atmosférica que se estende da superfície da Terra até à estratosfera; tem uma espessura média de 12 km (cerca de 8 km nos pólos e de 17 km no equador); praticamente todos os fenómenos meteorológicos ocorrem nesta camada; contém

o ar que respiramos; é constituída maioritariamente por azoto (78%) e oxigénio (21%), seguindo-se o árgon (0,9%) e o dióxido de carbono (0,03%). Na troposfera, a temperatura diminui com a altitude.

b) **Estratosfera:** ao contrário do que acontece na troposfera, na estratosfera a temperatura aumenta com a altitude; está localizada após a troposfera e até cerca de 50 km de altitude; é na estratosfera que se localiza a camada de ozono ( $O_3$ ), responsável pela absorção de grande parte das radiações ultravioletas nocivas; inicia-se aqui a dispersão da luz solar que origina a cor azulada do céu.

c) **Mesosfera:** camada da atmosfera caracterizada por temperaturas extremamente baixas que diminuem com a altitude e que podem atingir os  $-120^{\circ}C$  no seu limite superior; localizada entre os 50 km e os 85 km de altitude; é na mesosfera que se dá geralmente a combustão dos meteoroides provocando o fenómeno das estrelas cadentes.

d) **Termosfera:**

d1) **Ionosfera:** localiza-se entre os 85 km e os 450 km de altitude; aqui, a temperatura aumenta com a altitude pelos processos de ionização; é na termosfera que ocorrem os fenómenos das auroras polares.

d2) **Exosfera:** inicia-se acima dos 450 km e é constituída por átomos de hidrogénio, oxigénio ionizado e oxigénio neutro; nesta camada, a densidade dos átomos é tão pequena que estes se movem em trajetórias aleatórias e raramente chocam entre si.

## 2.2 *Poluição Atmosférica*

A qualidade do ar é o termo que se usa, normalmente, para traduzir o grau de poluição no ar que respiramos. A poluição do ar é provocada por uma mistura de substâncias químicas, lançadas no ar ou resultantes de reações químicas, que alteram o que seria a constituição natural da atmosfera. Estas substâncias poluentes podem ter maior ou menor impacto na qualidade do ar, consoante a sua composição química, a concentração na massa de ar em causa e as condições meteorológicas. Assim, por exemplo, a existência de ventos fortes

ou chuvas poderão dispersar os poluentes para outros locais, mas a presença de luz solar poderá acentuar os seus efeitos negativos. (Morrison *et al.*, 2002).

A poluição é toda a matéria ou forma de energia colocada em excesso no meio ambiente, que provoca de uma forma negativa alterações do equilíbrio global da atmosfera. Estas alterações podem causar problemas a nível da saúde humana e do bem-estar de várias espécies animais e vegetais. (Gomes, 2011).

Os poluentes atmosféricos são emitidos por uma grande variedade de fontes de poluição, sendo posteriormente transportados e dispersados pela ação do vento na atmosfera. Por esse fato, a concentração dos poluentes na atmosfera varia no tempo e no espaço. (Morrison *et al.*, 2002).

A poluição atmosférica caracteriza-se basicamente pela presença de gases tóxicos e partículas sólidas no ar. As principais causas deste fenómeno são as eliminações de resíduos por alguns tipos de indústrias (siderúrgicas, petroquímicas, de betão, etc.) e a queima de carvão e petróleo na indústria, automóveis e sistemas de aquecimento doméstico.

A poluição gerada nas cidades são resultado, principalmente, da queima de combustíveis fósseis, por exemplo, carvão mineral e derivados do petróleo (gasolina e diesel). A queima destes produtos tem lançado uma grande quantidade de monóxido de carbono e dióxido de carbono na atmosfera.

## **2.3 Poluentes Atmosféricos**

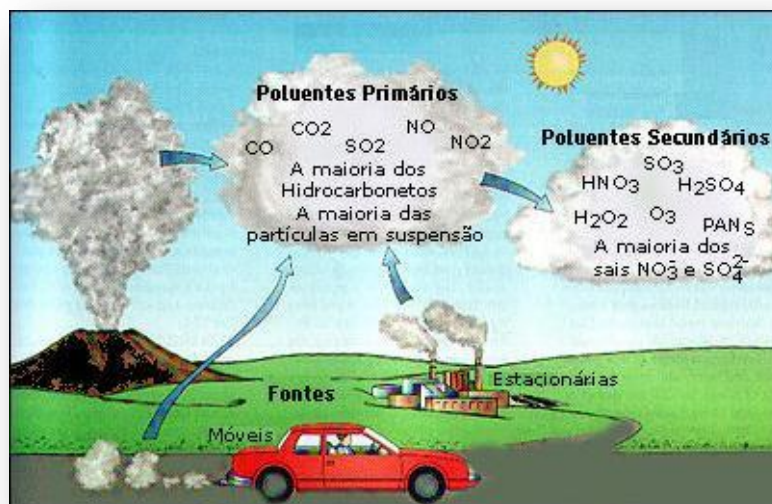
A elevada quantidade de poluentes que são emitidos para a atmosfera resulta do aumento exponencial do desenvolvimento urbano e industrial e da elevada utilização de veículos motorizados, causando a sobrecarga dos ecossistemas e impactes negativos na saúde humana (Sousa, 2008).

Os problemas ambientais, a limitação de recursos e o impacto na qualidade de vida das pessoas, forçam a busca de soluções criativas e estáveis para minimizar e evitar fenômenos de poluição prejudiciais à população e ao planeta.

Dependendo da sua formação, directa ou indirecta, os poluentes atmosféricos podem ser classificados em (figura 1-V):

✓ **Poluentes Primários:** são emitidos e expelidos diretamente pelas fontes para a atmosfera. Exemplo: monóxido de carbono (CO), óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). (Gomes J., 2001).

✓ **Poluentes Secundários:** resultam de reações físicas e químicas na atmosfera, de poluentes primários. Exemplo: o ozono troposférico (O<sub>3</sub>), o qual resulta de reações fotoquímicas, ou seja, realizadas na presença de luz solar, que se estabelecem entre os óxidos de azoto e os compostos orgânicos voláteis (COV) (Gomes J., 2001).



**Figura 1-V-** Esquema representativo dos poluentes primários e secundários  
(Fonte: APA, 2011a)

No presente estudo são considerados oito poluentes atmosféricos, designadamente, o CO, os NO<sub>x</sub>, o NO<sub>2</sub>, o NO, o O<sub>3</sub>, o PM<sub>10</sub>, o PM<sub>2,5</sub> e o SO<sub>2</sub>. Descrevem-se de seguida as principais características químicas e físicas, os seus processos de formação e as reações em que participam estes poluentes quando são libertados para a atmosfera.

### 2.3.1 *Monóxido de carbono (CO)*

O CO é um gás muito tóxico, inodoro, incolor e insípido, produzido pela oxidação incompleta do carbono, que se mistura facilmente no ar ambiente, sem que as possíveis vítimas tenham consciência de estar expostas a uma atmosfera suscetível de provocar intoxicações e até morte. O risco aumenta com o tempo de exposição. (Stern, 1968).

O CO é produzido naturalmente pela oxidação do metano nos oceanos e na atmosfera e pela decomposição orgânica. Os maiores níveis de CO são frequentemente encontrados onde há maior intensidade de tráfego (Stern, 1968). Nas cidades, os veículos a motor são, sem dúvida, a fonte mais importante, embora qualquer processo de combustão possa produzir este gás.

Muitos aparelhos que são usados no dia-a-dia funcionam com base em combustíveis – sólidos (lenhas, carvão), líquidos (petróleo, diesel) ou gasosos (gás natural, propano, butano ou GPL) - cuja queima pode ser fonte de CO.

Segundo Stern(1968), penetrando no organismo através da respiração, o CO entra com facilidade nos pulmões, combinando-se com a hemoglobina, atinge a circulação sanguínea e dificulta o transporte de oxigénio para os tecidos. Existem dois tipos de intoxicação:

- A intoxicação aguda, que provoca vertigens, fraqueza muscular, distúrbios visuais, taquicardia, perturbações de comportamento, síncope, coma e mesmo morte.
- A intoxicação crónica, cujos sintomas são dores de cabeça, náuseas, vômitos e cansaço, a qual se poderá desenvolver de forma lenta e afeta pessoas habitualmente expostas a concentrações crónicas de CO.

### 2.3.2 Óxidos de Azoto ( $NO$ , $NO_2$ , $NO_x$ )

A principal atividade humana geradora de óxidos de azoto é a combustão dos combustíveis, especialmente nos veículos a motor. Os óxidos de azoto formam-se no ar quando o combustível é queimado a altas temperaturas. Uma vez emitido, o óxido de azoto ( $NO$ ) combina-se com o oxigénio ('oxida') para formar dióxido de azoto ( $NO_2$ ) (Rangel et al., 2003). Estes óxidos de azoto podem permanecer na atmosfera durante vários dias, sendo que, durante este período, os processos químicos podem gerar ácido nítrico e partículas como nitratos e nitritos. Estes óxidos de azoto desempenham um importante papel nas reações químicas que geram o nevoeiro ou smog fotoquímico e alguns deles, como o  $NO_2$ , podem causar inflamações pulmonares agudas, e diminuir a resistência às infeções respiratórias como a gripe. (USEPA, 1998).

A formação dos óxidos de azoto na combustão de combustíveis fósseis é um fenómeno altamente complexo. Ao contrário dos óxidos de enxofre derivados da presença de enxofre nos combustíveis fósseis, a formação de  $NO$  é afetada por inúmeros fatores, entre os quais predominam as características do processo de combustão, tipo de combustível e sua composição química, geometria e dimensões, assim como a carga de equipamento de combustão. (Rangel et al., 2003)

Os compostos de azoto mais importantes em termos de poluição são o  $NO$  e  $NO_2$ . O  $NO$  é um gás incolor e inodoro, não tóxico para as concentrações habitualmente presentes na atmosfera. Já o  $NO_2$  é um gás facilmente detectável pelo odor característico, é um gás castanho avermelhado, corrosivo e extremamente oxidante. (Stern, 1968).

O  $NO_x$  é o termo genérico para um grupo de gases altamente reativos, todos contendo azoto e oxigénio em quantidades variáveis. Aproximadamente 90 a 95% dos  $NO_x$  que são gerados nos processos de combustão encontram-se na forma de  $NO$ , não obstante, também é formado o  $NO_2$  em menores quantidades. (Vallero, 2008). Estes compostos formam-se por combinação dos átomos de azoto e de oxigénio da atmosfera, em condições de alta temperatura e alta pressão, existentes nos motores dos automóveis. À saída do tubo de escape, o principal óxido de azoto existente é o  $NO$ . No entanto, este combina-se rapidamente com o oxigénio atmosférico, transformando-se em  $NO_2$ . As variações do  $NO_2$  em

ambientes relativamente despoluídos pode ser afetados por diversos fatores, não obstante, são as condições de radiação solar que dão origem a uma maior variação (Nguyen e Kim, 2006).

Os NO<sub>x</sub> são um dos principais poluentes envolvidos na formação do ozono troposférico, que pode provocar na população graves problemas respiratórios. Os mais suscetíveis de sofrer com estes poluentes são as crianças e os indivíduos que possuem doenças respiratórias crônicas (como asma, enfisema, bronquite crônica ou outras doenças respiratórias crônicas). (APA, 2012).

Sobre o ambiente em geral, os NO<sub>x</sub> geram diversos efeitos adversos, em destaque seis fatores (Hashim *et al.*, 2004; Kalabokas *et al.*, 2002; USEPA, 1998; WBG, 1998; WHO, 2000), como sejam:

- Formação das chuvas ácidas – o NO<sub>x</sub> é precursor das chuvas ácidas, cujo efeito sobre a vegetação, o solo, a água e os materiais é extremamente negativo;
- Degradação da qualidade da água – o aumento da quantidade de azoto nas massas de água resulta no desequilíbrio químico dos nutrientes utilizados pelas plantas aquáticas e outros organismos;
- Formação de espécies químicas tóxicas – o NO<sub>x</sub> reage com diversos químicos orgânicos para formar uma grande variedade de produtos tóxicos, como os radicais de azoto, as nitrosaminas, entre outros;
- Redução da visibilidade – o NO<sub>2</sub> bloqueia a transmissão da luz;
- Aumento da temperatura média do globo – o NO é um gás com efeito de estufa;
- Formação de ozono troposférico – na presença de hidrocarbonetos e da radiação solar, o NO<sub>x</sub> contribui para a formação de ozono troposférico, que é causador de sérios problemas respiratórios.

Sobre a vegetação este poluente interfere com o desenvolvimento das florestas e da agricultura (Vallero, 2008).

### 2.3.3 Ozono ( $O_3$ )

O ozono que existe na atmosfera localiza-se essencialmente na estratosfera, entre 10 e 50 Km acima da superfície terrestre, observando-se as maiores concentrações a altitudes entre 15 e 35 Km, constituindo a "Camada de Ozono". A camada de ozono que envolve o planeta é fundamental para assegurar a vida na Terra, uma vez que o ozono estratosférico tem a capacidade de absorver grande parte da radiação ultravioleta B (UV-B), radiação solar que pode provocar efeitos nocivos (ou até mesmo letais) nos seres vivos, ameaçando assim a saúde humana e o ambiente. (Araújo, 2008).

No entanto, na troposfera, o ozono torna-se num dos mais problemáticos poluentes para as populações em geral, devido ao seu grande poder oxidante.

Na troposfera, o ozono é um poluente secundário, i. e., não é emitido diretamente para a atmosfera, mas a sua produção tem lugar quando o oxigénio e seus poluentes precursores, tais como os óxidos de azoto e os compostos orgânicos voláteis, reagem sob a ação da luz solar.

Como resultado do seu processo de formação, as suas concentrações são normalmente mais elevadas durante o período de Primavera-Verão, especialmente quando a radiação solar é forte, as temperaturas elevadas e em situações de vento fraco e estabilidade da atmosfera. (Stern, 1968).

A maior estabilidade atmosférica, favorecida pelas condições meteorológicas, também proporciona uma menor dispersão dos poluentes, aumentando a probabilidade deles reagirem entre si. É devido a esta dependência da existência da radiação solar, que os países do sul da Europa são muito mais afetados pelo fenómeno do ozono, do que os da Europa Central e do Norte. Os episódios de ozono mais prolongados e com as concentrações mais elevadas ocorrem em áreas territoriais sujeitas a alta pressão atmosférica. (APA, 2006).

Perto de fontes de emissão de óxidos de azoto, onde existe uma abundância de monóxido de azoto, o ozono é decomposto à medida que reage com este poluente. Como resultado, a sua concentração é frequentemente baixa em centros urbanos e elevada em áreas suburbanas e rurais adjacentes.



A nível Europeu, as concentrações de ozono continuam a exceder os valores estabelecidos na legislação Comunitária existente para proteção da saúde humana e para prevenção de danos nos ecossistemas, vegetação e materiais (APA, 2006).

#### **2.3.4 *Partículas em suspensão***

As partículas constituem um grupo consideravelmente extenso de poluentes do ar que são provenientes de fontes tão díspares como veículos automóveis, indústria, lixeiras municipais, armazenamento e manuseamento de materiais polvorentos, entre outras. Os vulcões são considerados como a maior fonte natural de partículas. Outra fonte natural com grande significado são os oceanos que libertam aerossóis de gotas de água e diversos sais que são importantes núcleos de condensação para a formação de chuva. (Stern, 1968).

Praticamente todos os processos industriais são responsáveis pela emissão de partículas, em particular, os seguintes: siderurgias, fundições primárias de metais, fundições de ferro, produção de cimento, processamento de rochas, tratamento de carvão, produção de minerais, refinação de petróleo, processos químicos, processamento de cereais, produção de papel e pasta de celulose, entre outros. (Araújo, 2008).

Uma partícula é, geralmente, definida como qualquer matéria dispersa sólida ou líquida cujos agregados individuais sejam maiores do que pequenas moléculas (mas menores do que 50  $\mu\text{m}$ ). Por outro lado, os aerossóis são transformados pela condensação de vapores ou dispersão de líquidos sob a forma de minúsculas gotas formando névoas. A expressão 'partículas em suspensão' é um termo coletivo utilizado para indicar uma grande variedade de matéria sólida ou líquida finamente dividida e dispersa na atmosfera. (Araújo, 2008).

As partículas em suspensão podem incluir organismos vivos, por exemplo, bactérias, vírus, bolores, algas, grãos de pólen e outros. As partículas não viáveis na atmosfera correspondem a nevoeiro, fumos, vapores, poeiras, e outras. (Almeida, 2004).

Segundo Almeida, a inalação é a forma mais comum de entrada das poeiras no organismo. Os efeitos das poeiras inaladas dependem das espécies químicas que as compõem,

da sua concentração no ar, do local de deposição no sistema respiratório e do tempo de exposição a essas poeiras.

Os núcleos de Aitken referem-se àquelas partículas com raio inferior a  $0,1\ \mu\text{m}$ . Esta gama de tamanhos de partículas é importante uma vez que constituem núcleos de condensação para a chuva e o nevoeiro. Em áreas industriais a monitorização destas partículas fornece indicações importantes sobre os níveis gerais de poluição.

A maior parte das partículas em suspensão no ar são partículas de formas aleatoriamente irregulares. Contudo, as partículas provenientes de cinzas de centrais térmicas a carvão são aproximadamente esféricas. (Stern, 1968).

Métodos para medir o tamanho das partículas em aerodispersóides são investigados desde o início do século XX. O interesse por esta área tem sido mais intenso nos últimos 30 anos devido ao aumento da poluição urbana, dos estudos sobre doenças ocupacionais causadas pela exposição a poeiras e do controle de salas limpas destinadas a trabalhos com componentes eletrónicos. Muitos métodos para a medição dos tamanhos das partículas foram refinados ou desenvolvidos, partindo da microscopia para métodos instrumentais automatizados. (Stern, 1968).

### **2.3.5 Dióxido de Enxofre ( $\text{SO}_2$ )**

Os principais compostos de enxofre são: o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), o trióxido de enxofre ( $\text{SO}_3$ ), o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), o ácido sulfuroso de cobre, sulfato de cálcio e o sulfato de magnésio. Estes compostos podem resultar da queima de combustíveis fósseis em diversas formas e em diversos processos industriais. Contudo, alguns destes sais de enxofre são o produto final resultante da utilização das técnicas de controlo das emissões dióxidos de enxofre (Gomes, 2001).

O  $\text{SO}_2$  é um gás incolor, denso, de odor forte, solúvel em água, tóxico e não inflamável. O  $\text{SO}_2$  dissolve-se na água, formando ácido sulfúrico, que é altamente corrosivo para a natureza. Esta substância é igualmente perigosa para materiais, plantas e tecidos animais. (APA, 2012).

Na indústria, o  $\text{SO}_2$  é utilizado para produzir ácido sulfúrico e, antigamente, na produção de frigoríficos domésticos e comerciais. Pode ser usado como desinfetante, conservante de alimentos, antisséptico, descolorante (ou branqueador) e antibacteriano. A produção de bebidas alcoólicas, em especial do vinho, também faz uso do  $\text{SO}_2$ , pois este tem o poder de inibir a ação de leveduras, direcionando os momentos exatos da esterilização. (Stern, 1968).

A combustão de substâncias que contêm enxofre (combustíveis fósseis) por veículos e indústrias emite este gás para a atmosfera. Devido à sua propriedade de solubilidade em água, reage com gotículas do ar, formando o ácido sulfuroso e precipita sob a forma de chuva ácida. Esta chuva é nociva ao meio ambiente, e causa danos como a morte de espécies aquáticas devido à diminuição do pH da água e, nos solos interfere na solubilidade de alguns compostos indispensáveis ao desenvolvimento vegetal. As plantas ficam com o seu metabolismo alterado, o que por vezes decresce a taxa de crescimento e a fotossíntese. Monumentos e edificações são degradados pela corrosão da chuva ácida. (Stern, 1968).

Pelo seu elevado índice de toxicidade, o contato com pequenas quantidades do gás causa irritação das vias respiratórias, da mucosa conjuntival e pele, podendo, ainda, causar queimaduras e originar problemas cardiovasculares. Os sintomas que geralmente aparecem quando há intoxicação por este gás são vômitos, dispneia, cianose, tosse, dores abdominais e náuseas. O  $\text{SO}_2$  está na lista dos gases que muito contribuem para o efeito estufa. (APA, 2012).

Em Portugal a maior parte do fuelóleo utilizado para fins industriais tem um teor máximo de 3,5% de enxofre, embora esteja a ser utilizado fuelóleo com um teor máximo de 1,5% de enxofre. Por outro lado, o gás natural tem um teor muito reduzido de enxofre e consiste numa mistura de hidrocarbonetos de baixo peso molecular, principalmente, metano. Este baixo teor de enxofre é um forte argumento para a utilização deste combustível em vez de fuelóleo ou carvão, aliado ao fato de que existem também vantagens na sua utilização em termos de condução e manutenção de queima (Gomes, 2001).

Os óxidos de enxofre são também tóxicos para as plantas, especialmente quando atuam conjuntamente com o dióxido de enxofre e com o ozono (efeito sinérgico).

## 2.4 Fontes de Poluição

A poluição atmosférica resulta de emissões de poluentes provenientes de várias fontes como por exemplo:

- Fontes fixas: As indústrias são as fontes mais significativas, ou de maior potencial poluidor. Também se destacam as centrais termoelétricas, que utilizam carvão, óleo combustível ou gás, bem como as incineradoras de resíduos, com elevado potencial poluidor. Existem ainda as fontes fixas naturais, como a maresia e o vulcanismo, que também podem influenciar a composição do ar. (Vallero, 2008).

- Fontes móveis: Os veículos automóveis, juntamente com os comboios, aviões e embarcações marítimas são as chamadas fontes móveis de poluentes atmosféricos.

As fontes emissoras dos poluentes atmosféricos são numerosas e variáveis, podendo ser antropogénicas ou naturais. As fontes antropogénicas são as que resultam das atividades humanas, como por exemplo, a atividade industrial ou o tráfego automóvel, enquanto as fontes naturais englobam fenómenos da Natureza tais como emissões provenientes de erupções vulcânicas ou fogos florestais de origem natural. (Vallero, 2008).

### 2.4.1 Fontes Naturais

A maior fração de emissões de partículas de origem natural é constituída por partículas minerais, cuja composição química e mineralogia pode sofrer variações regionais em função da geologia das áreas. Em geral são constituídas por silicatos – quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), argila (principalmente caulinite ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ) e ilite ( $\text{K}(\text{Al}, \text{Mg})_3 \text{Si Al}_{10}(\text{OH})$ ) e feldspato ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ) e ( $\text{NaCa}(\text{AlSi})_4\text{O}_8$ ) e ( $\text{NaCa}(\text{AlSi})_4\text{O}_8$ ), carbonatos – calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) e dolomite ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ); óxidos de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e, em pequenas quantidades, sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e óxidos de ferro. Estas contribuições de poeiras minerais para as

partículas atmosféricas podem resultar da re-suspensão local de solos áridos ou do transporte a longas distâncias a partir de regiões áridas (Almeida, 2004).

Segundo Gomes (2011), outra importante fonte natural de partículas é o spray marinho que contribui para as partículas de dimensões que variam entre 2 e 50  $\mu\text{m}$ . A fração de partículas primárias do spray marinho é majoritariamente constituída por cloreto de sódio (NaCl) e alguns sulfatos (principalmente  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  e  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ). O spray marinho é principalmente gerado por processos de formação de bolhas na superfície do oceano e pela rebentação das ondas nas áreas costeiras. Estes processos são favorecidos pela ação do vento e produzem aerossóis de spray marinho na gama grosseira de tamanhos.

As fontes biogénicas podem estar associadas tanto aos aerossóis primários como aos secundários. As partículas resultantes de fontes primárias dão origem aos bio aerossóis, constituídos por resíduos vegetais, pólen, esporos e, em menor quantidade, micro-organismos (vírus, bactérias, fungos, protozoários e algas). Os sulfatos são formados por oxidação de gases sulfurosos. Os nitratos são o produto final da oxidação dos óxidos de azoto, cuja fonte principal são os relâmpagos e a transpiração do solo. (Gomes, 2011).

Os óxidos de azoto podem ter uma origem natural, resultante do metabolismo microbiano dos solos e de descargas elétricas na atmosfera (durante as trovoadas). As emissões de  $\text{SO}_2$  pelos vulcões contribuem também para a formação de partículas secundárias. (Stern, 1968).

A vegetação terrestre constitui uma ampla fonte natural de hidrocarbonetos (Maurezall *et al.*, 2004). Os hidrocarbonetos biogénicos são emitidos majoritariamente por árvores de folha caduca, sendo o isopreno ( $\text{C}_5\text{H}_8$ ) o composto com maior impacto na formação de ozono em áreas urbanas. A reatividade dos COVs naturais é maior do que a da maioria dos COVs antropogénicos, pelo que a contribuição dos primeiros, mesmo que emitidos em menor quantidade em áreas urbanas, não deve ser desprezada (Sillman, 1999). Os compostos de origem biogénica (isopreno e monoterpenos) representam um potencial para a produção de ozono à superfície muito superior relativamente a outros compostos que apresentem concentrações mais significativas.

### 2.4.2 Fontes Antropogénicas

As atividades humanas que hoje têm o maior potencial poluidor estão relacionadas com o setor industrial e com o setor dos transportes. O setor industrial utiliza uma variedade de matérias-primas que, durante a sua transformação em produtos acabados, descartam para a atmosfera parte de seus resíduos, como por exemplo as indústrias de petróleo, as indústrias de produtos químicos e indústrias metalúrgicas. O atual sistema de transporte está, em grande parte, baseado na utilização de derivados de petróleo, e a combustão completa e principalmente a incompleta é a maior causadora da poluição do ar. (Gomes, 2011).

No quadro da tabela 1-II são apresentadas sinteticamente as principais fontes dos poluentes.

**Tabela 1-II** - Principais fontes dos poluentes (Fonte: APA, 2012)

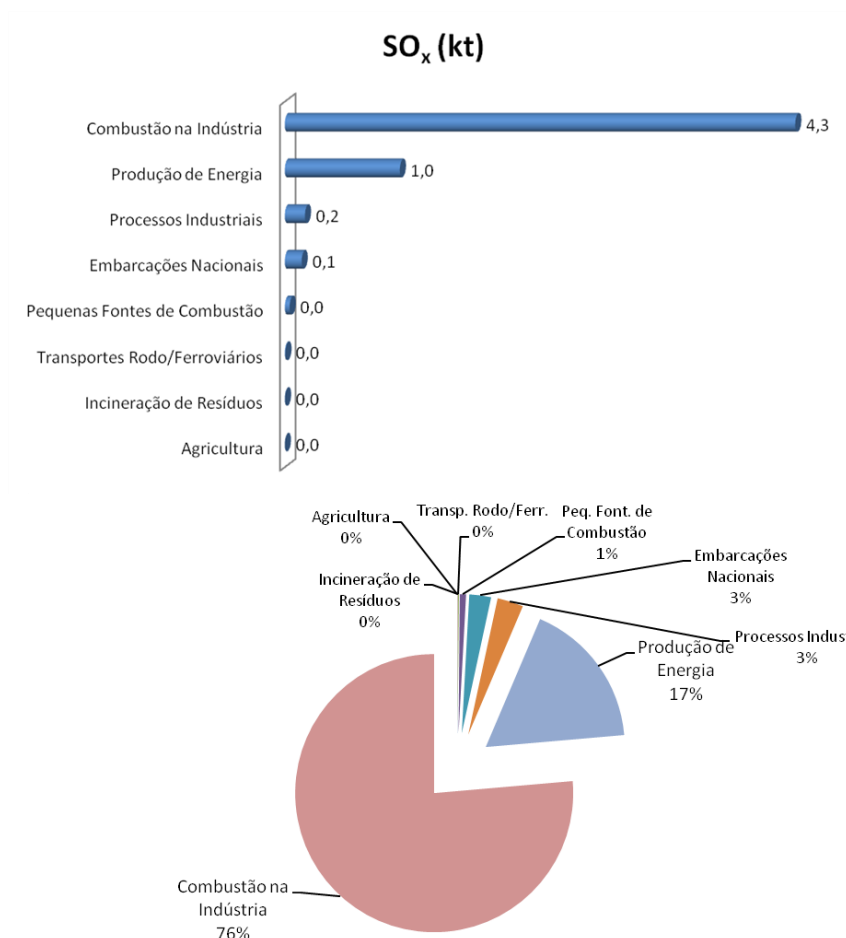
POLUENTES	PRINCIPAIS FONTES
<b>Dióxido de enxofre</b> (SO <sub>2</sub> )	<b>Fontes naturais:</b> atividade vulcânica. <b>Fontes antropogénicas:</b> queima de combustíveis fósseis (setor da produção de energia, e de diversos processos industriais, podendo também ser emitido em pequenas quantidades pelos veículos a diesel)
<b>Óxidos de azoto</b> (NO <sub>x</sub> )	<b>Fontes naturais:</b> transformações microbianas nos solos e descargas elétricas na atmosfera. <b>Fontes antropogénicas:</b> queima de combustíveis a altas temperaturas, quer em instalações industriais, quer nos veículos automóveis. Na maior parte das situações, o NO emitido para a atmosfera é posteriormente transformado em NO <sub>2</sub> por oxidação fotoquímica.
<b>Monóxido de carbono</b> (CO)	<b>Fontes naturais:</b> erupções vulcânicas e decomposição da clorofila. <b>Fontes antropogénicas:</b> fogos florestais, combustão incompleta de combustíveis fósseis ou outros materiais orgânicos, sendo os transportes rodoviários o setor que mais contribui para as emissões deste poluente. Pode também ser formado por oxidação de poluentes orgânicos, tais como o metano.

**Tabela 1-II - Principais fontes dos poluentes (Fonte: APA, 2012)**  
(cont.)

POLUENTES	PRINCIPAIS FONTES
<b>Partículas em Suspensão</b>	<p><b>Fontes naturais:</b> vulcões, aerossóis marinhos e a ação do vento sobre o solo.</p> <p><b>Fontes antropogénicas:</b> queima de combustíveis fósseis, processos industriais e tráfego rodoviário.</p> <p>As partículas na atmosfera podem ser classificadas como primárias, quando são emitidas diretamente a partir de fontes poluidoras, ou secundárias, quando se formam na atmosfera pela condensação de gases, ou como resultado de reações químicas entre outros poluentes, em especial, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, compostos orgânicos voláteis e amoníaco.</p>
<b>Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>)</b>	<p>Resulta de um conjunto de reações fotoquímicas complexas, envolvendo compostos orgânicos voláteis, óxidos de azoto, oxigénio e radiação solar. É um dos principais constituintes do nevoeiro fotoquímico.</p>

## 2.5 Emissões de poluentes no Concelho de Setúbal

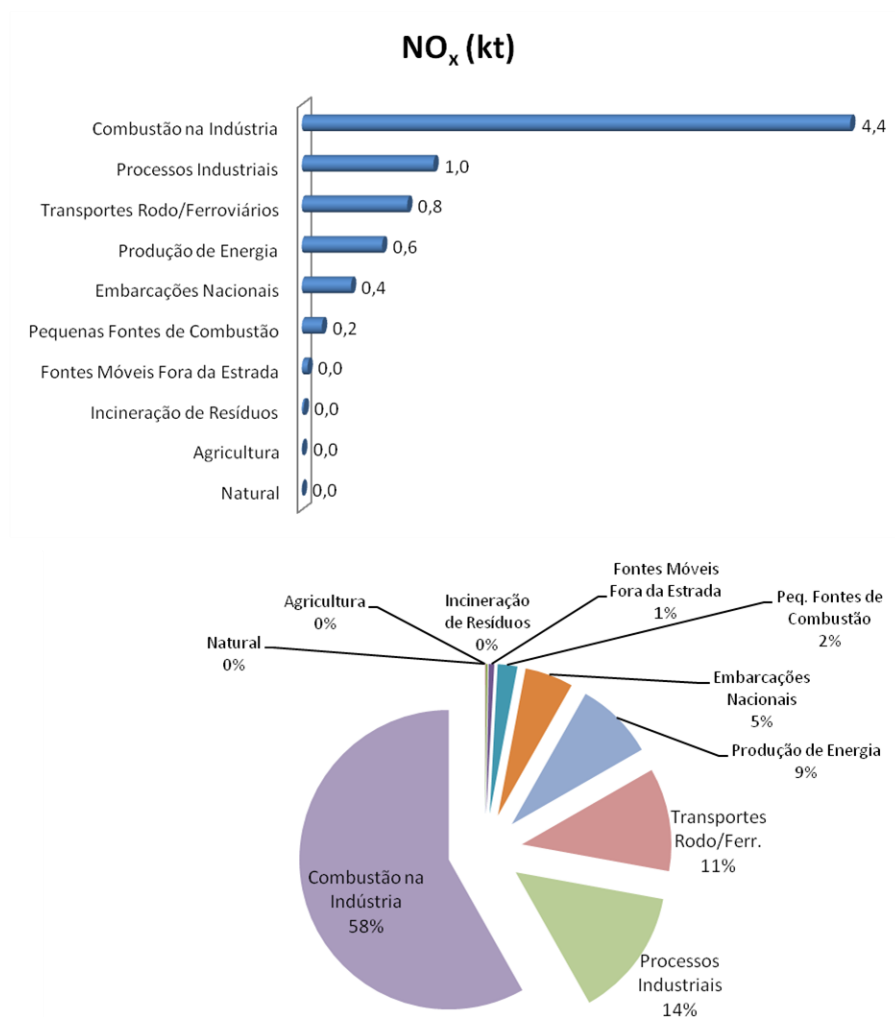
Segundo a APA (APA, 2011b), as emissões de SO<sub>x</sub> no concelho de Setúbal totalizaram 5,6 kt em 2009. As quatro principais fontes foram a combustão na indústria, a produção de energia, os processos industriais e as embarcações nacionais, contribuindo para 99% do total de emissões (Figura 1-VI).



**Figura 1-VI-** Emissões de SO<sub>x</sub> em Setúbal por setor de atividade (Fonte: APA, 2011a).

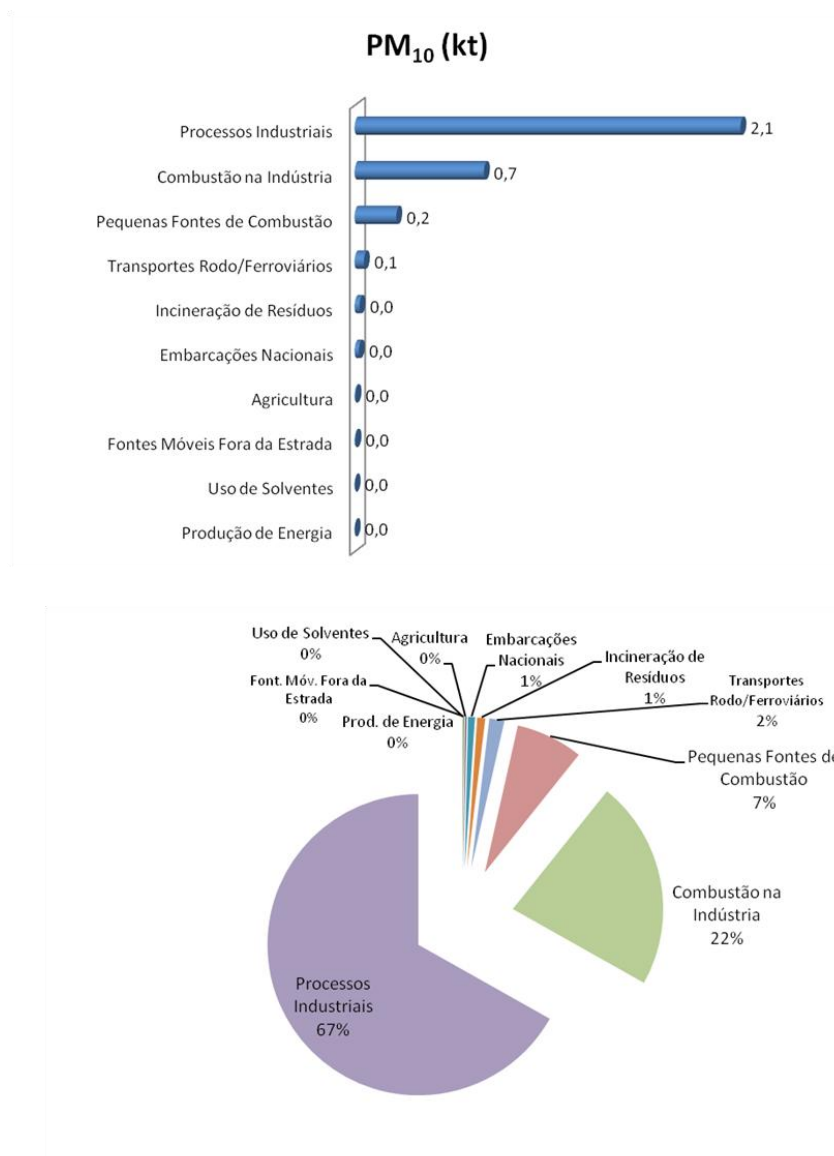
No concelho de Setúbal, as emissões de NO<sub>x</sub> totalizaram as 7,5 kt em 2009. As três principais fontes foram a combustão na indústria, os processos industriais e os transportes rodo/ferroviários contribuindo para 83% do total de emissões. Se acrescentarmos as fontes produção de energia e as embarcações nacionais, a contribuição aumenta para 97% (Figura 1-VII).





**Figura 1-VII-** Emissões de NO<sub>x</sub> em Setúbal por setor de atividade (Fonte: APA, 2011a).

As emissões de PM<sub>10</sub> totalizaram 3,1 kt em 2009, no concelho de Setúbal. As três principais fontes foram os processos industriais, a combustão na indústria, e as pequenas fontes de combustão contribuindo para 96% do total de emissões. Tendo em seguida os Transportes Rodo/Ferrovíários com mais 2% (Figura 1-VIII).



**Figura 1-VIII-** Emissões de PM<sub>10</sub> em Setúbal por setor de atividade. (Fonte: APA, 2011a)

## 2.6 *Efeitos para a Saúde Humana*

Os problemas para a saúde associados à poluição atmosférica têm sido largamente investigados em estudos científicos de saúde pública, saúde ambiental e de toxicologia humana. As principais consequências são as doenças crónicas, que prejudicam a qualidade de vida das populações afetadas ou causam o aumento da mortalidade em situações extremas.

Segundo Monarca et al. (1999), na composição atmosférica de centros urbanos, particularmente cidades com intenso tráfego, estão presentes substâncias mutagênicas e carcinogênicas.

Contudo, segundo Duchiae (1992) destacam-se três tipos principais de reações biológicas humanas aos poluentes:

- ✓ Efeitos agudos no sistema respiratório em pessoas saudáveis em presença de *Smog* ou do aumento súbito da poluição atmosférica;
- ✓ Exacerbação de doenças pré-existentes em indivíduos vulneráveis, com cardiopatias e doenças respiratórias pré-existentes;
- ✓ Fenômeno de hipersensibilidade ou hiper-reactividade brônquica crônica.

Na tabela 1-III são apresentados os principais efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde.

**Tabela 1-III:** Principais efeitos dos poluentes. (Fonte: DGA, 2000)

POLUENTES	EFEITOS
<b>Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)</b>	<p>Irritante para as mucosas dos olhos e vias respiratórias.</p> <p>Agravante de problemas cardiovasculares.</p> <p>Responsável pela acidificação das águas e dos solos e pela ocorrência de lesões nas plantas.</p> <p>Concentrações elevadas podem provocar alterações nos processos metabólicos das plantas, nomeadamente a redução da taxa de crescimento e da taxa fotossintética.</p> <p>Provoca corrosão de edificações e materiais de construção, pela deposição seca e húmida do SO<sub>2</sub> e de aerossóis sulfurados.</p>
<b>Óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>)</b>	<p>Podem provocar lesões, reversíveis ou irreversíveis, nos brônquios e nos alvéolos pulmonares.</p> <p>Podem também aumentar a reatividade a alérgenos de origem natural.</p> <p>Podem provocar edema pulmonar, em doses elevadas, e, em concentrações mais fracas, bronquite crônica e enfisemas.</p> <p>Provocam efeitos nocivos sobre a vegetação, quando presentes em concentrações elevadas, tais como danos nos tecidos das folhas e redução do crescimento.</p> <p>Concentrações elevadas de NO<sub>x</sub> na atmosfera, provocam danos em materiais, sendo os polímeros naturais e sintéticos os mais afetados.</p> <p>O NO não é considerado um poluente perigoso para as concentrações normalmente presentes na atmosfera.</p>

**Tabela 1-III:** Principais efeitos dos poluentes. (Fonte: DGA, 2000)

(cont.)

POLUENTES	EFEITOS
<b>Monóxido de carbono (CO)</b>	<p>Capacidade de se combinar irreversivelmente com a hemoglobina (210 vezes superior à do oxigénio), dando lugar à formação da carboxihemoglobina. Esta situação pode provocar dificuldades respiratórias e asfixia e, em casos de 50% de transformação da hemoglobina em carboxihemoglobina, pode conduzir à morte.</p> <p>Diminuição da perceção visual, da capacidade de trabalho, da destreza manual, da capacidade de aprendizagem e do desempenho de tarefas complexas.</p>
<b>Partículas em Suspensão</b>	<p>Quanto menor o tamanho das partículas, maiores os riscos para a saúde. As partículas mais finas podem transportar substâncias tóxicas (sulfatos, nitratos, metais pesados e hidrocarbonetos) para as vias respiratórias inferiores, acentuando os efeitos dos poluentes ácidos.</p> <p>Em muitas cidades europeias, as PM10 (partículas com diâmetro <math>\leq 10</math> <math>\mu\text{m}</math>) são o poluente que suscita maiores preocupações, estando a sua ação relacionada com todos os tipos de problemas de saúde, desde a irritação nasal, tosse, até à bronquite, asma e mesmo a morte. A fração mais fina destas partículas pode penetrar profundamente nos pulmões e atingir os alvéolos pulmonares, provocando dificuldades respiratórias e, por vezes, danos permanentes. As partículas desta dimensão penetram facilmente no interior dos edifícios.</p> <p>As partículas finas, principalmente as emitidas pelos veículos a diesel, são da ordem de grandeza do comprimento de onda da luz visível, podendo, por este motivo, reduzir sensivelmente a visibilidade.</p>
<b>Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>)</b>	<p>Provoca irritações nos olhos, nariz e garganta, seguindo-se tosse e dor de cabeça. Penetra profundamente nas vias respiratórias, afetando os brônquios e os alvéolos pulmonares.</p> <p>A sua ação faz-se sentir, mesmo para concentrações baixas e para exposições de curta duração, principalmente em crianças. Provoca efeitos nocivos na vegetação e nas culturas, provocando manchas significativas nas folhas, reduções de crescimento e completa destruição de culturas mais sensíveis.</p> <p>Provoca a degradação de muitos materiais, tais como a borracha, designadamente dos limpa para-brisas dos automóveis.</p>

## 2.7 *Legislação*

As autoridades dos vários estados membros da União Europeia estabelecem normas e limites de concentrações de vários poluentes de forma a analisar e divulgar dados sobre a qualidade do ar, sendo que a Agência Europeia do Ambiente (EEA – European Environmental Agency) é a entidade competente nesta matéria.

Em Portugal, as entidades competentes são a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e as Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR). A APA desenvolve as actividades técnicas e científicas para controlar e garantir a qualidade do ar, assegurando a exatidão dos resultados obtidos nas estações e redes de monitorização. A CCDR tem a responsabilidade de monitorizar a qualidade do ar na área territorial da respetiva jurisdição, bem como divulgar a ocorrência de situações de excedências relativamente aos valores limite (VL) legislados. Os VL são os níveis fixados que não devem ser excedidos durante um ou mais períodos de tempo. Os VL têm o intuito de evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos dos poluentes atmosféricos na saúde humana e no ambiente.

Em 2008, toda a legislação comunitária nesta matéria foi revista com o objetivo de incorporar os últimos progressos científicos e técnicos neste domínio, bem como a experiência adquirida nos Estados-Membros. Foi então publicada a Diretiva 2008/50/CE de 21 de maio, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa. (APA, 2012).

A Diretiva 2008/50/CE, de 21 de maio, agrega num único ato legislativas as disposições legais da Diretiva 96/62/CE, de 27 de setembro e das três primeiras diretivas filhas (Diretivas 1999/30/CE de 22 de abril, 2000/69/CE de 16 de novembro e 2002/3/CE de 12 de fevereiro) relativas aos poluentes  $CO$ ,  $C_6H_6$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$ ,  $O_3$ ,  $PM_{10}$ ,  $Pb$  e  $SO_2$  e a Decisão 97/101/CE do Conselho, de 27 de janeiro de 1997, que estabelece um intercâmbio recíproco de informações e de dados provenientes das redes e estações individuais que medem a poluição atmosférica nos Estados-membros. (APA, 2012).

Sempre que os objetivos de qualidade do ar não forem atingidos, são tomadas medidas da responsabilidade de diversos agentes em função das suas competências, as quais podem estar integradas em planos de ação de curto prazo ou planos de qualidade do ar concretizados através de programas de execução.

O Decreto-Lei n.º102/2010 de 23 de setembro procedeu à transposição para o direito interno a Directiva n.º 2008/50/CE, relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa, a qual foi aprovada no âmbito da Estratégia Temática sobre Poluição Atmosférica da União Europeia. (APA, 2012).

Tendo em conta critérios de eficiência e de simplificação, procede-se à consolidação do regime jurídico relativo à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, o qual se encontrava disperso por vários decretos-lei.

Em consequência, incluiu-se ainda neste decreto-lei a transposição da Diretiva n.º 2004/107/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de dezembro, relativa ao arsénio, ao cádmio, ao mercúrio, ao níquel e aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente, cuja transposição tinha sido efetuada pelo Decreto –Lei n.º 351/2007, de 16 de setembro, que ora se revoga. Os valores limites dos compostos estudados neste trabalho são apresentados na tabela 1-IV

para a prevenção da saúde humana. (Fonte: Decreto-Lei n.º102/2010 de 23 de setembro, Anexo III)

Poluentes	Período de referência	Valor limite
<b>Monóxido de carbono - CO</b>	Máximo diário das médias de oito horas	10 mg/m <sup>3</sup>
<b>Dióxido de azoto - NO<sub>2</sub></b>	Uma hora	200 µg/m <sup>3</sup> , a não exceder mais de 18 vezes por ano civil
	Ano civil	40 µg/m <sup>3</sup>
<b>Ozono - O<sub>3</sub></b>	Máximo diário das médias de oito horas	120 mg/m <sup>3</sup> , a não exceder mais de 25 vezes por ano civil, num período de três anos.
<b>Partículas - PM<sub>2,5</sub></b>	Um Dia	25 µg/m <sup>3</sup> , a não exceder no ano civil
<b>Partículas - PM<sub>10</sub></b>	Um Dia	50 µg/m <sup>3</sup> , a não exceder mais de 35 vezes por ano civil.
	Ano civil	40 µg/m <sup>3</sup>
<b>Dióxido de enxofre - SO<sub>2</sub></b>	Uma hora	350 µg/m <sup>3</sup> , a não exceder mais de 24 vezes por ano civil.
	Um Dia	125 µg/m <sup>3</sup> , a não exceder mais de três vezes por ano civil.

### **3 Redes de Monitorização da Qualidade do Ar**

Os efeitos que a poluição atmosférica (proveniente quer de fontes antropogénicas quer de fontes naturais) causa no ambiente e na saúde humana, involucraram uma crescente preocupação internacional, que resultou em monitorizações e avaliações da qualidade do ar, que não havia há algumas décadas atrás.

As Redes de Monitorização da Qualidade do Ar, RMQAr, têm como objetivo principal disponibilizar informação, às autoridades da área do ambiente e ao público em geral, sobre a concentração dos poluentes atmosféricos e a influência dos fluxos de poluição transfronteiriça. As medições das RMQAr são levadas a cabo pelas CCDR sendo os resultados relatados para uma base de dados da APA.

Para haver validação de modelos atmosféricos, análise de tendências e outras avaliações estatísticas, assim como a troca de informação com as entidades da União Europeia, as medições devem ser, tanto quanto possível, padronizadas.

O Laboratório de Referência Nacional da Qualidade do Ar (LRN) foi a entidade designada para desenvolver e implementar um sistema de Garantia da Qualidade que assegure a credibilidade das medições, sob os regulamentos da APA. Os procedimentos da Garantia da Qualidade devem ser aplicados a nível nacional de modo a assegurarem a comparabilidade dos dados, satisfazendo os objetivos da Qualidade, tanto para dados individuais como para dados agregados, tais como médias ou tendências sazonais e anuais. É particularmente importante evitar erros que possam originar, sistematicamente, resultados demasiado elevados ou baixos, conduzindo a conclusões erróneas em análises de tendências sobre a qualidade do ar.

A experiência adquirida pela rede EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme), nas normas ISO (International Standard Organization - Organização Internacional de Normalização), na Norma Portuguesa NP EN ISO/IEC 17025, a qual estabelece os “Requisitos Gerais de Competência para Laboratórios de Ensaio e Calibração” e no docu-

mento OGC001 “Critérios de Acreditação de Laboratórios NP EN ISO/IEC 17025, serviu de base para o Sistema da Garantia da Qualidade do LRA-QAR, incluindo o Manual de Métodos e Procedimentos Operativos para as RMQAr. (APA, 2010).

O objetivo final da atividade desenvolvida na Garantia da Qualidade é providenciar dados de qualidade. Dever-se-á ter ainda em conta que as operações decorrentes nas RMQAr estão sujeitas a melhorias quer no que se refere ao desenvolvimento de novos métodos analíticos, quer na aquisição de nova instrumentação e ainda nas mais-valias científicas que venham a ser adquiridas com a experiência. (APA, 2010).

A rede de medição tem como questão fulcral a representatividade dos locais de amostragem e deve estar de acordo com a finalidade das medições.

A monitorização contínua em estações fixas é um dos métodos de avaliação da qualidade do ar, podendo também recorrer-se a campanhas efetuadas com estações móveis. Outra das possibilidades de avaliação da qualidade do ar é o recurso a modelos ou metodologias que permitam a identificação e implementação de medidas regulamentares de gestão da qualidade do ar (Monteiro, 2007).

Os principais objetivos das redes de monitorização da qualidade do ar são, segundo Larssen, *et al*, (1999):

- avaliar a concentração dos poluentes no ar;
- diagnosticar a qualidade do ar ambiente através de índices de qualidade do ar e observar a evolução da qualidade do ar;
- verificar o cumprimento da legislação nacional (valores limite, limiares de informação e alerta);
- ajudar a delinear ações para melhoria da qualidade do ar.

Em Portugal, a qualidade do ar é monitorizada através de estações, a funcionar de modo contínuo, localizadas quer nas grandes áreas urbanas (áreas de alta densidade de tráfego rodoviário), quer nas rurais e nas áreas industriais mais relevantes (Monteiro, 2009). Estas redes regionais de monitorização da qualidade do ar, da responsabilidade de cada CCDR, são classificadas de acordo com os critérios EUROAIRNET (Larssen *et al.*, 1999), tendo em conta:



- Classificação das estações de monitorização – por tipo de influência ambiental (fundo, industrial ou tráfego), por tipo de zona (suburbana, urbana ou rural) e ocupação do solo;
- Reconhecimento da área de representatividade da estação – uma vez que a dimensão da área é feita em função da classificação da estação;
- Avaliação da área a monitorizar – relativamente à distribuição espacial da população, infraestruturas e tendo em conta o nível de exposição dos elementos anteriores à poluição atmosférica;
- Escolha dos poluentes a monitorizar e respectivos métodos – os poluentes a selecionar para cada caso devem ser os mais representativos da qualidade do ar da situação em causa, sendo necessário ter um conhecimento prévio das previsões anteriores (com recurso a métodos de referência ou equivalentes);
- Controlo e garantia de qualidade – através da análise estatística dos dados monitorizados (Monteiro, 2010).

Para além das redes e estações de medição geridas pelas CCDR e pela APA existem redes e estações de medição geridas por outras entidades, públicas ou privadas, designadamente municípios, adiante designadas por redes e estações privadas.

### ***3.1 Critérios para localização das estações de monitorização da qualidade do ar***

A localização das estações de amostragem pressupõe o levantamento prévio das seguintes informações (APA, 2010):

- Fontes de emissão

Localização e caracterização das fontes poluentes. A abrangência da coleta de informações deve comportar o histórico de: fontes domésticas, móveis e industriais.

- Topografia

As condições micro-meteorológicas são profundamente afetadas pela topografia local, tais como vales. Terrenos muito acidentados ocasionam alterações importantes na concentração de poluentes.

- Ordenamento do território

A informação relativa à utilização do solo pode clarificar algumas opções de base na conceção de uma rede.

- Densidade populacional

A distribuição da população na zona em questão deverá ser estudada. É de grande importância a caracterização das variações diárias, como as que se verificam numa grande cidade.

- Meteorologia

A direção e a velocidade do vento, a estabilidade atmosférica e a altura da camada de mistura, são variáveis meteorológicas, que alteram a capacidade da atmosfera para o transporte e dispersão dos poluentes atmosféricos. São de grande utilidade os dados relativos a gradientes de temperatura e a altura de inversões térmicas, quando existem.

- Dados disponíveis sobre a qualidade do ar

É de grande importância no processo de dimensionamento da rede, qualquer dado anterior relativo à qualidade do ar.

A localização das estações de monitorização deverão seguir critérios para que estas tenham uma função de protecção da saúde humana, da vegetação e dos ecossistemas. Deste modo, as estações de monitorização que visem a protecção da saúde humana devem ser instaladas, segundo a (APA, 2010):

- Em áreas, dentro das zonas e aglomerações, nas quais é provável que a população esteja, direta ou indiretamente, exposta a níveis elevados dos poluentes mencionados, durante um período significativo em relação ao período considerado para o(s) valor(es) limite;

- Em outras áreas, dentro das zonas e aglomerações, que sejam representativas da exposição da população em geral.

Um ponto de amostragem, globalmente falando, deve ter uma localização que o torne representativo da qualidade do ar numa área circundante de, pelo menos, 200 m<sup>2</sup> nos locais

dirigidos para o tráfego e de vários quilómetros quadrados nos locais situados em meio urbano de fundo. De um modo geral, os pontos de amostragem devem estar localizados de modo a evitar medir microambientes de muito pequena dimensão, na sua proximidade imediata, mas também deverão, se possível, ser igualmente representativos de locais similares não situados na sua proximidade imediata.

Um ponto de amostragem que visa a proteção dos ecossistemas e da vegetação deve estar situado de modo a ser representativo da qualidade do ar numa área envolvente de, pelo menos, 1000 km<sup>2</sup>. Os pontos de amostragem que fazem a medição dos poluentes dióxido de enxofre e óxidos de azoto, visando a proteção dos ecossistemas e da vegetação, devem ser instalados a uma distância de, pelo menos, 20 km das aglomerações, e a 5 km de outra área construída, instalação industrial ou autoestrada. (APA, 2010).

Consoante as condições geográficas, cada rede de monitorização pode alterar os pontos de amostragem, quer localizando-os a menor distância ou fazendo com que sejam representativos da qualidade do ar numa área menos alargada.

Para além dos requisitos de localização referidos, a uma microescala deverão ser cumpridas as seguintes orientações, segundo a (APA, 2010):

- Não deve haver restrição ao fluxo de ar em torno da entrada da sonda de amostragem (tomada de ar), por ocasionais impedimentos que o possam afetar na proximidade do dispositivo de amostragem (normalmente, consideram-se a alguns metros de distância de edifícios, varandas, árvores e outros obstáculos e, no mínimo, a 0,5 m do edifício mais próximo, no caso de pontos de amostragem representativos da qualidade do ar na linha de edificação). Especificamente referindo-nos à localização dos analisadores de ozono, não devem haver obstáculos que afetem a circulação do ar, a uma distância inferior ao dobro da altura do obstáculo, considerando o plano da sonda, permitindo que o ar circule livremente em torno desta num ângulo de, pelo menos, 270°;
- Não se deve colocar a entrada da sonda na vizinhança imediata de fontes emissoras de poluentes, para evitar a receção direta de emissões não misturadas com o ar;
- Deve ser respeitada uma altura ao solo de 1,5 a 4 m para a entrada da sonda; embora, em alguns casos, se possa instalar em posições mais elevadas (até 8 m); esta exceção

pode também ser apropriada se a estação for representativa de uma vasta área, no caso de estações urbanas e/ou nas zonas florestais.

- Deve evitar-se a recirculação do ar expelido para a entrada da sonda, sendo crucial a exaustão do ar amostrado. Especificamente para o ozono, a sonda de amostragem deve ser colocada protegida de fontes de emissões tais como, chaminés de fornos e de incineradoras;

No que concerne à localização dos dispositivos de amostragem orientados para o tráfego (não inclui analisadores de ozono) (APA, 2010):

- Os pontos de amostragem devem ter uma distância de 25 m da berma dos principais cruzamentos, 4 m do centro da faixa de rodagem mais próxima e no máximo 10 m da berma;

- Devem ser tidos em consideração fontes de interferência, por exemplo, as sondas de amostragem não deverão ser instaladas em zonas onde se verifique a presença de correntes de convecção de ar, dever-se-ão evitar zonas sujeitas a obstruções ao escoamento. Nas estações urbanas é preciso evitar as ruas cercadas por edifícios dos dois lados, por serem zonas propícias à acumulação de poluentes.

### **3.2 *Classificação das estações de monitorização***

Os critérios de classificação adotados pela rede EUROAIRNET seguem, em geral, a classificação da EoI e estão indicados no quadro 1-I.

Quadro 1-I  
Caracterização das estações de monitorização

<i><b>Tipo de estação</b></i>	<i><b>Tipo de zona</b></i>	<i><b>Caracterização da zona</b></i>
• Tráfego	• Urbana	• Residencial
• Industrial	• Suburbana	• Comercial
• De fundo	• Rural	• Industrial
		• Agrícola
		• Natural
		• Residencial / Comercial
		• Comercial / Industrial
		• Industrial / Residencial
		• Residencial / Comercial / Industrial
		• Agrícola / Natural

Fonte: (APA, 2010)

### 3.2.1 Estações orientadas para o tráfego

As estações orientadas para o tráfego são caracterizadas com base no tipo de rodovia e densidade de tráfego (quadro 1-II), sendo esta a informação também requerida pela EoI.

Quadro 1-II  
Caracterização das estações de tráfego.

<i><b>Tipo de estação</b></i>	<i><b>Tipo de via</b></i>	<i><b>Volume de tráfego</b></i>
• Tráfego	• via larga	• < 2000 veículos por dia
	• via estreita	• 2000 – 10 000 veículos por dia
	• rua do tipo “Canyon”	
	• estreita	• > 10 000 veículos por dia
	• outros (cruzamentos, paragens de autocarro, praças de táxis, semáforos, parques de estacionamento, etc.)	

Fonte: (APA, 2010)

### 3.2.2 Estações industriais

Não estão definidos critérios de classificação, em relação às estações do tipo industrial.

### 3.2.3 Estações de fundo

As estações de fundo estão subdivididas em estações urbanas, suburbanas e rurais (Quadro 1-III).

Quadro 1-III  
Classificação das estações de fundo.

Estação de Fundo	Urbana	
	Suburbana	
	Rural	Remota
		Regional
		Fundo perto da cidade

Fonte: (APA, 2010)

As estações urbanas e suburbanas estão situadas dentro de áreas/aglomerações urbanas. Fornecem dados para monitorizar os níveis de poluição "média" do ar em áreas urbanas (concentração urbana de fundo), resultantes do transporte de poluentes atmosféricos com origem fora da área urbana e das emissões da cidade propriamente ditas. As estações não são, no entanto, influenciadas diretamente por fontes de emissões dominantes como tráfego ou indústria. (Almeida, 2004).

As estações rurais podem estar perto das fontes de emissão como afastadas relativamente. Logo, é importante a sua classificação adicional, de maneira a poderem ser feitas comparações entre elas (APA, 2010):

- As estações remotas estão localizadas em áreas rurais, a uma distância mínima de 50 km às áreas edificadas e a outras fontes importantes de poluição. Utilizam-se para monitorizar os níveis de poluição resultantes de fontes naturais (concentração natural de fundo) e do transporte de longo curso dos poluentes atmosféricos.

- As estações regionais estão localizadas em áreas rurais/agrícolas a uma distância de 10-50 km das áreas edificadas e de outras fontes importantes de poluição. Estas estações monitorizam os níveis de poluição que resultam do transporte de longa distância dos poluentes atmosféricos e de emissões na região na qual a estação está localizada. Os requisitos de distância às fontes de emissão mais importantes são menos restritos que os estabelecidos para as estações remotas. Estas estações podem estar localizadas em áreas agrícolas.

- As estações de fundo perto da cidade situam-se em zonas rurais/agrícolas a uma distância de 3-10 km das áreas edificadas e de outras fontes importantes de poluição. Estas estações monitorizam os níveis de poluição atmosférica "regional de fundo", resultante do transporte de longa distância dos poluentes atmosféricos e de emissões na região na qual está instalada a estação. Os requisitos de distância às fontes de emissão importantes são menos restritos que os das estações regionais. As estações localizam-se fora das cidades em áreas com muitas comunidades perto umas das outras.

## PARTE II - METODOLOGIA

No presente trabalho foram analisadas as concentrações de 8 poluentes, nomeadamente o *CO*, *NO*, *NO<sub>2</sub>*, *NO<sub>x</sub>*, *O<sub>3</sub>*, *PM<sub>10</sub>*, *PM<sub>2,5</sub>* e *SO<sub>2</sub>*, medidos nas estações de monitorização da qualidade do ar localizadas na região de Setúbal, durante o ano de 2010.

A zona de Setúbal está coberta por 3 redes de monitorização de qualidade do ar, sendo elas: a rede nacional Qualar e as redes privadas pertencentes à SECIL e à EDP.

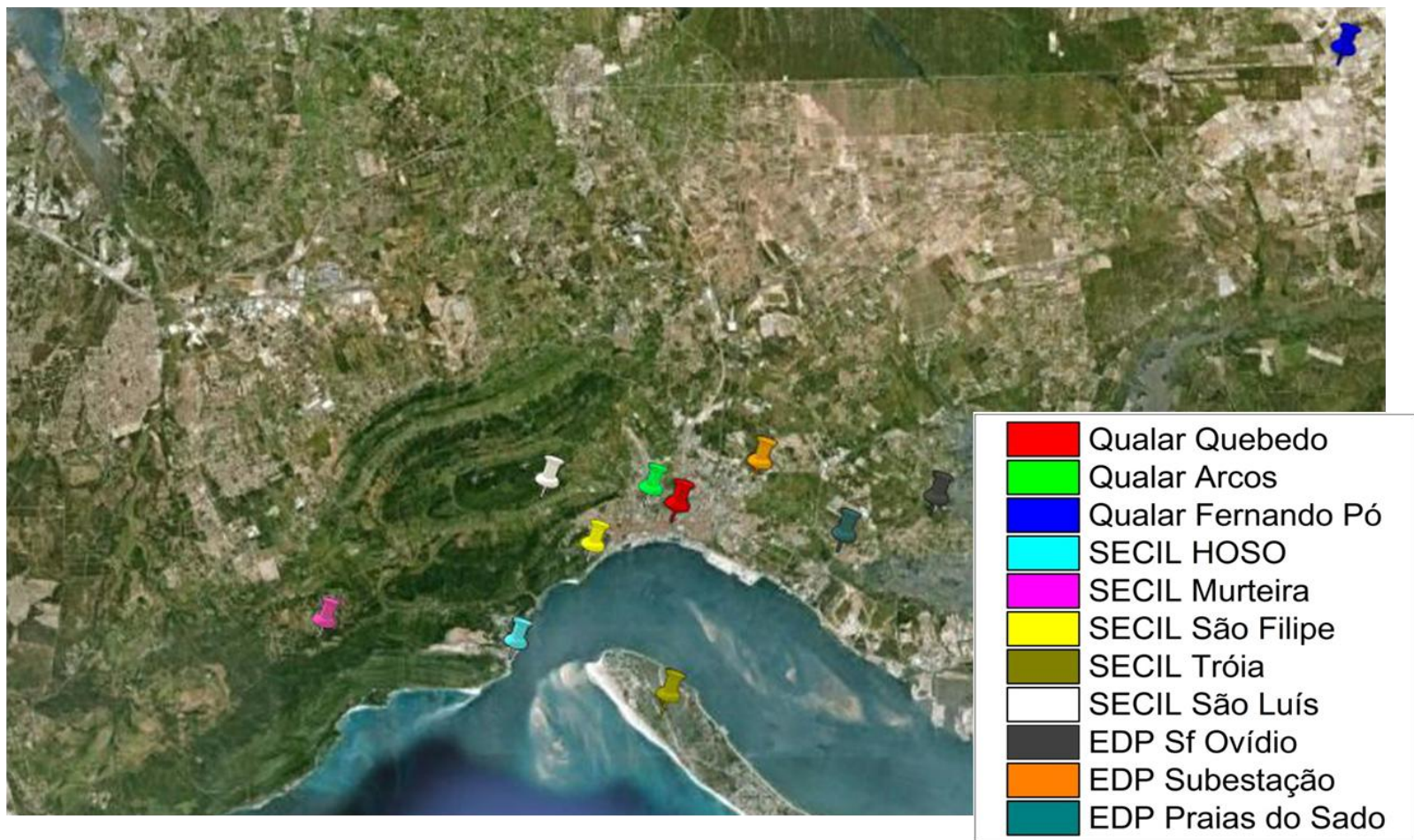
Na rede da Qualar foram analisadas as estações de monitorização do Quebedo, Arcos e Fernando Pó. Na rede da SECIL estudaram-se as estações HOSO – Hospital Outão, Murteira, São Filipe, Troia e São Luís. Na rede da EDP analisaram-se as estações Subestação, Stº Ovídio e Praias do Sado.

Na tabela 2-I, são apresentadas as principais características de cada estação analisada, tais como as coordenadas, a altitude, a classificação e os poluentes medidos em 2010. A figura 2-I, apresenta a distribuição geográfica das estações de monitorização.



**Tabela 2-I -** Quadro Geral da Rede de Monitorização Estudada.

Rede de Monitorização	Estações	Coordenadas Geográficas		Altitude	Classificação		Poluentes Medidos em 2010							
		Latitude	Longitude		Zona	Fontes Dominantes	CO	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	SO <sub>2</sub>
Qualar	<b>Quebedo</b>	38° 31' 31" N	08° 53' 11" W	16 m	Urbana	Tráfego	✓	✓	✓	✓		✓		✓
Qualar	<b>Arcos</b>	38° 31' 45" N	08° 53' 39" W	2 m	Urbana	Fundo	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Qualar	<b>Palmela Fernando Pó</b>	38° 38' 08" N	08° 41' 26" W	57 m	Rural	Fundo		✓	✓	✓		✓	✓	✓
Secil Outão	<b>HOSO – Hospit.Outão</b>	38° 29' 31" N	08° 56' 02" W	-	Suburbana	Industrial	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Secil Outão	<b>Murteira</b>	38° 29' 49" N	08° 59' 39" W	-	Rural	Fundo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Secil Outão	<b>São Filipe</b>	38° 30' 55" N	08° 54' 40" W	100 m	Suburbana	Fundo	✓				✓			
Secil Outão	<b>Troia</b>	38° 28' 45" N	08° 53' 20" W	3 m	Suburbana	Fundo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Secil Outão	<b>São Luís</b>	38° 31' 51" N	08° 55' 28" W	-	Suburbana	Fundo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EDP	<b>Subestação</b>	38° 32' 08" N	08° 51' 44" W	30 m	Urbana	Tráfego		✓	✓	✓		✓		✓
EDP	<b>Stº Ovídio</b>	38° 31' 37" N	08° 48' 37" W	-	Suburbana	Fundo		✓	✓	✓		✓		✓
EDP	<b>Praias do Sado</b>	38° 31' 05" N	08° 50' 15" W	-	Suburbana	Industrial						✓		✓



**Figura 2-I** – Localização das estações de monitorização utilizadas no presente estudo.

A) Tratamento dos dados meteorológicos e concentrações obtidas pelas estações próximas ao concelho de Setúbal durante o ano de 2010, quanto aos poluentes CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> e O<sub>3</sub>.

- Utilização da Rede da QUALAR, rede EDP e rede SECIL.

- As concentrações obtidas nas estações de monitorização foram processadas por forma a serem identificadas tendências anuais, mensais e horárias e com o objetivo de serem identificadas as principais fontes de emissão associadas aos poluentes estudados.

B) Análise dos dados:

- A avaliação da influência da direção do vento na concentração de poluentes;
- Confronto com a legislação.

C) Interpretação de Resultados

- Métodos estatísticos

D) Levantamento das principais fontes de emissão de poluentes.

Os dados meteorológicos para a zona de Setúbal foram cedidas pela empresa SECIL. A avaliação da influencia da direção do vento na concentração de poluentes foi efectuada recorrendo ao programa OPEN-AIR (Carslaw and Ropkins, 2011) que é um módulo do programa R desenvolvido para a análise de medições da qualidade do ar.

Os cálculos estatísticos foram efectuados usando o software STATISTICA. Os testes Wilcoxon Matched pairs e Mann-Whitney U foram usados para avaliar as diferenças entre grupos (concentrações para diferentes estações, direcções de vento e períodos). Os gráficos foram feitos através dos programas EXCEL e ORIGIN.

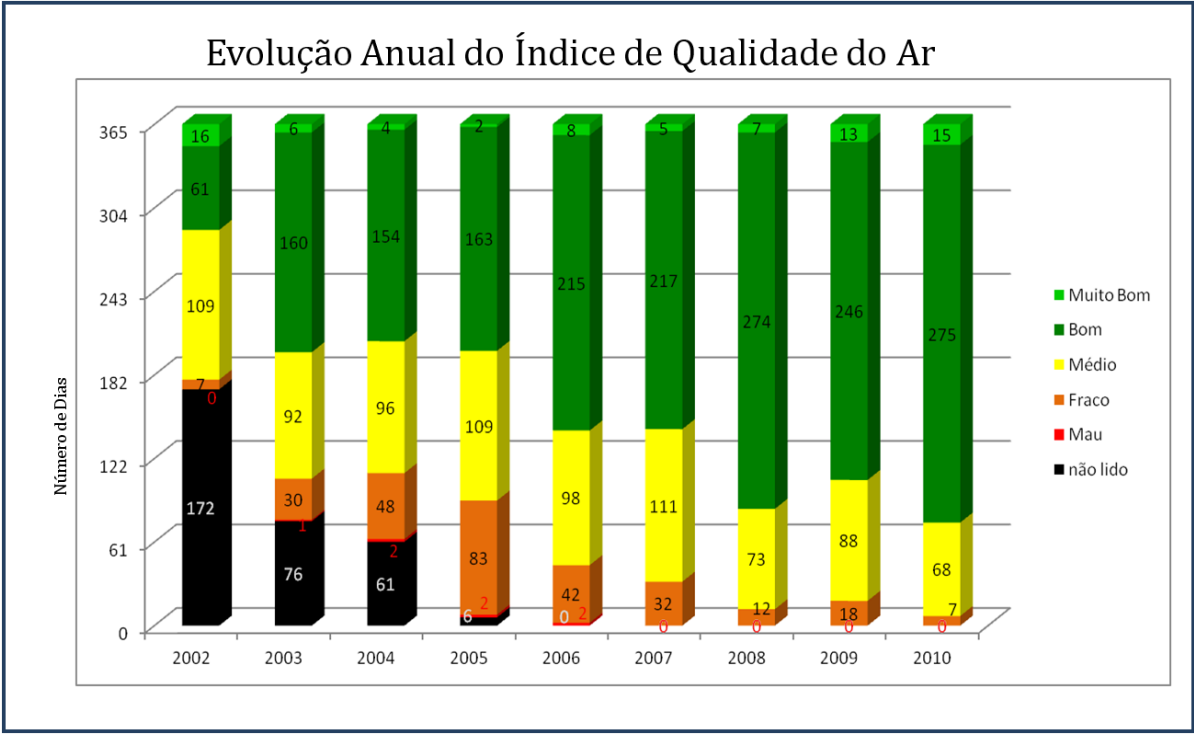
## PARTE III - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1 Resultados

Quanto aos resultados vamos observar: A) A evolução histórica; B) Avaliação da conformidade legal; C) Gráficos de médias horárias; D) Gráficos de sazonalidade; E) Gráficos de Rosas de poluente e direção do vento.

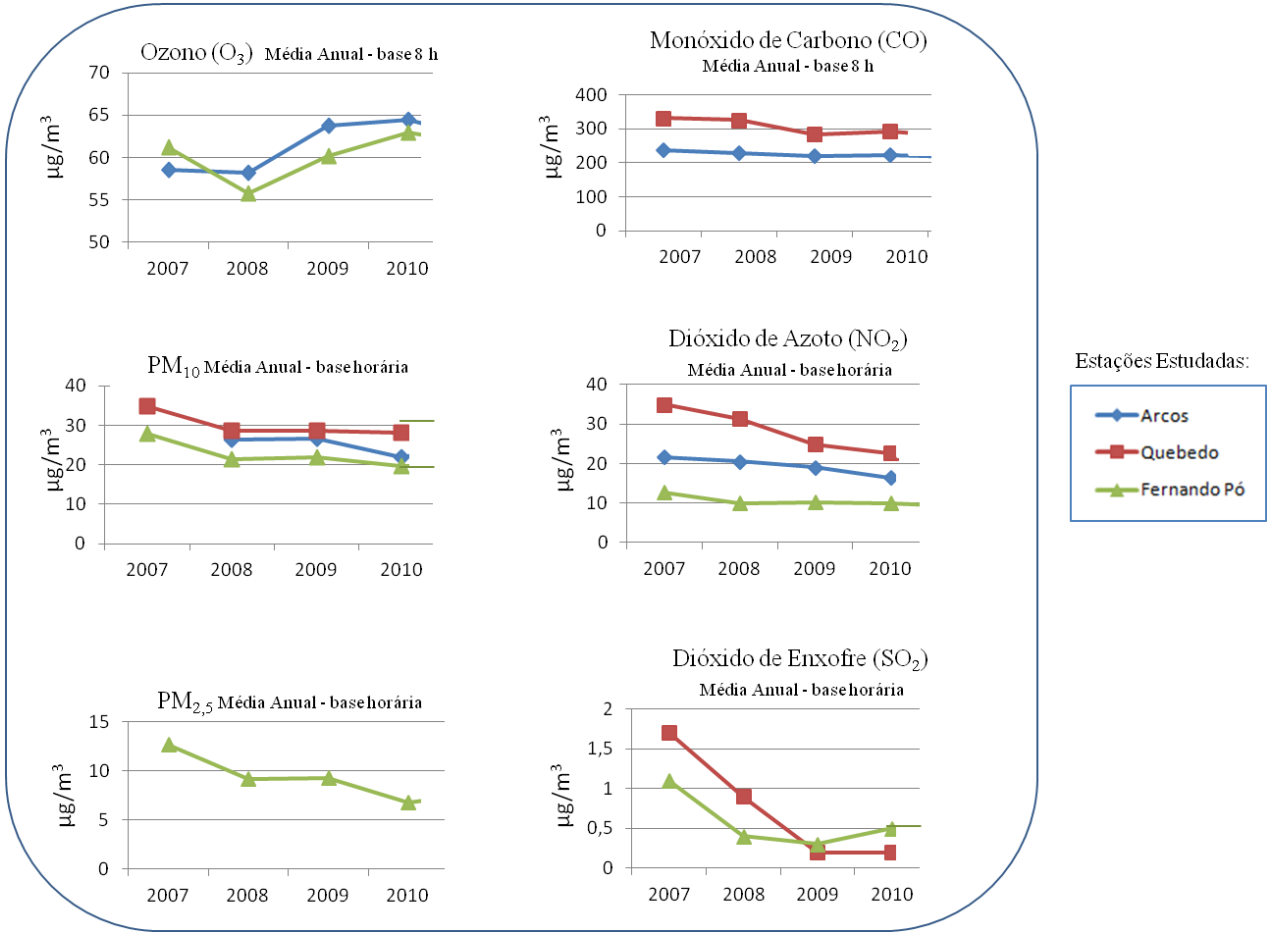
#### 1.1 *Evolução histórica do índice de qualidade do ar e poluentes na Região de Setúbal*

A figura 3-I, apresenta a evolução histórica dos índices de qualidade do ar desde o ano 2002 até ao ano 2010 nas estações na região de Setúbal com base nos dados válidos fornecidos através das estações Qualar de Quebedo e dos Arcos. Demonstra que em 2010 dos 365 dias, 275 foram classificados como *bom*, 68 como *médio*, 7 como *fraco*, 15 *muito bom* e nenhum dia *mau* ou *não lido*.



**Figura 3-I** - Índice anual de qualidade na região de Setúbal (Fonte: APA, 2012).

A figura 3-II, apresenta a evolução, entre 2007 e 2010, dos poluentes  $O_3$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $CO$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , para as estações da Qualar Arcos, Quebedo e Fernando Pó.



**Figura 3-II** – Evolução Global das Concentrações entre 2007 e 2010.  
(Fonte: APA, 2012)

1.2 *Conformidade legal das concentrações de Poluentes na Região de Setúbal*

A conformidade legal foi verificada conforme a série de dados horários apresentadas pelas empresas gestoras das estações.

1.2.1 *Monóxido de Carbono (CO)*

A tabela 3-I apresenta os dados tratados das concentrações de CO, registadas nas diferentes estações de monitorização de Setúbal.

**Tabela 3-I – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de CO em 2010.**

CO							
Estação	Tipologia dos Máximos das Médias	Média (µg/m³)	Mínimo (µg/m³)	Máximo (µg/m³)	Valor limite (máximo diário das médias de 8h) (µg/m³)	Eficiência (nº de horas medidas / nº Total de horas)	Avaliação da conformidade legal
Qualar Quebedo	Base Octo-horária	420	150	1300	10000	100%	Conforme
Qualar Arcos	Base Octo-horária	300	120	980	10000	100%	Conforme
SECIL HOSO	Base Octo-horária	270	0,00	610	10000	100%	Conforme
SECIL Murteira	Base Octo-horária	390	0,00	800	10000	100%	Conforme
SECIL São Filipe	Base Octo-horária	330	0,00	2000	10000	100%	Conforme
SECIL Troia	Base Octo-horária	250	136	580	10000	100%	Conforme

1.2.2 Monóxido de Azoto (NO)

A tabela 3-II apresenta as concentrações de NO medidas nas estações estudadas.

Tabela 3-II – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de NO em 2010.

NO							
Estação	Tipologia das Médias	Média (µg/m³)	Mínimo (µg/m³)	Máximo (µg/m³)	Valor limite média anual (µg/m³)	Eficiência (nº de horas medidas / nº Total de horas)	Avaliação da conformidade legal
Qualar Quebedo	Base horária	7,0	0,44	210	30	98%	Conforme
Qualar Arcos	Base horária	2,5	0,00	120	30	95%	Conforme
Qualar Fernando Pó	Base horária	0,76	0,00	21	30	93%	Conforme
SECIL HOSO	Base horária	2,83	0,00	160	30	100%	Conforme
SECIL Murteira	Base horária	0,93	0,00	120	30	100%	Conforme
SECIL Troia	Base horária	1,1	0,00	36	30	100%	Conforme
SECIL São Luís	Base horária	1,6	0,00	48	30	100%	Conforme
EDP Stº Ovídio	Base horária	1,5	0,00	54	30	86%	Conforme
EDP Subestação	Base horária	10	0,00	280	30	86%	Conforme

1.2.3 Dióxido de Azoto (NO<sub>2</sub>)

A tabela 3-III demonstra que a concentração medida para o NO<sub>2</sub>.

Tabela 3-III – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de NO<sub>2</sub> em 2010.

NO <sub>2</sub>									
Estação	Tipologia das Médias	Média (µg/m <sup>3</sup> )	Mínimo (µg/m <sup>3</sup> )	Máximo (µg/m <sup>3</sup> )	Valor limite horário (µg/m <sup>3</sup> )	Nº de Excedências permitidas no ano civil / ocorridas em 2010	Valor limite anual (µg/m <sup>3</sup> )	Eficiência (nº de horas medidas / nº Total de horas)	Avaliação da conformidade legal
Qualar Quebedo	Base horária	23	1,7	110	200	18/0	40	98%	Conforme
Qualar Arcos	Base horária	16	0,69	92	200	18/0	40	95%	Conforme
Qualar Fernando Pó	Base horária	10	0,16	73	200	18/0	40	93%	Conforme
SECIL HOSO	Base horária	11	0,00	100	200	18/0	40	100%	Conforme
SECIL Murteira	Base horária	7,5	0,00	120	200	18/0	40	100%	Conforme
SECIL Troia	Base horária	11	0,00	100	200	18/0	40	100%	Conforme
SECIL São Luís	Base horária	7,8	0,00	140	200	18/0	40	100%	Conforme
EDP Stº Ovídio	Base horária	7,8	0,00	76	200	18/0	40	86%	Conforme
EDP Subestação	Base horária	24	0,00	220	200	18/2	40	86%	Conforme



1.2.4 Óxidos de Azoto (NO<sub>x</sub>)

A tabela 3-IV apresenta as concentrações de NO<sub>x</sub> medidas.

Tabela 3-IV– Verificação da Conformidade Legal das concentrações de NO<sub>x</sub> em 2010.

NO <sub>x</sub>							
Estação	Tipologia das Médias	Média (µg/m³)	Mínimo (µg/m³)	Máximo (µg/m³)	Valor Limite Média anual (µg/m³)	Eficiência (nº de horas medidas / nº Total de horas)	Avaliação da conformidade legal
Qualar Quebedo	Base horária	33	3,4	430	30 µg/m³	98%	Não conforme
Qualar Arcos	Base horária	20	1,3	240	30 µg/m³	95%	Conforme
Qualar Fernando Pó	Base horária	11	0,00	88	30 µg/m³	93%	Conforme
SECIL HOSO	Base horária	16	0,00	310	30 µg/m³	100%	Conforme
SECIL Murteira	Base horária	9,0	0,00	270	30 µg/m³	100%	Conforme
SECIL Troia	Base horária	13	0,00	130	30 µg/m³	100%	Conforme
SECIL São Luís	Base horária	9,2	0,00	210	30 µg/m³	100%	Conforme
EDP Stº Ovídio	Base horária	10	0,00	130	30 µg/m³	86%	Conforme
EDP Subestação	Base horária	40	0,00	520	30 µg/m³	86%	Não conforme

1.2.5 Ozono (O<sub>3</sub>)

A Tabela V mostra a medição do Ozono.

Tabela 3-V – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de O<sub>3</sub> em 2010.

O <sub>3</sub> – Máximos das médias								
Estação	Tipologia das Médias	Média (µg/m <sup>3</sup> )	Mínimo (µg/m <sup>3</sup> )	Máximo (µg/m <sup>3</sup> )	Conformidade Legal máximos diário das médias de 8h (µg/m <sup>3</sup> )	Eficiência (nº de horas medidas / nº Total de horas)	Nº de Exce-dências permitidas no ano civil / ocorridas em 2010	Avaliação da conformidade legal
Qualar Arcos	Base Octo-horária	76	14	150	120	98%	25/26	Não conforme
Qualar Fernando Pó	Base Octo-horária	74	35	150	120	98%	25/36	Não conforme
SECIL HOSO	Base Octo-horária	88	34	170	120	100%	25/27	Não conforme
SECIL Murteira	Base Octo-horária	89	0,00	180	120	100%	25/56	Não conforme
SECIL São Filipe	Base Octo-horária	76	34	160	120	100%	25/42	Não conforme
SECIL Troia	Base Octo-horária	83	27	170	120	100%	25/38	Não conforme
SECIL São Luís	Base Octo-horária	69	0,00	160	120	100%	25/38	Não conforme

1.2.6 Partículas com diâmetro médio inferior a 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>)

A tabela 3-VI apresenta as concentrações de PM<sub>2,5</sub> registadas.

**Tabela 3-VI** – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de PM<sub>2,5</sub> (média anual) em 2010.

PM <sub>2,5</sub>							
Estação	Tipologia das Médias	Média (µg/m³)	Mínimo (µg/m³)	Máximo (µg/m³)	Conformidade Legal média anual (µg/m³)	Eficiência (nº de horas medidas / nº Total de horas)	Avaliação da conformidade legal
Qualar Fernando Pó	Base Diária	6,7	1,4	31	25	93%	Conforme
SECIL HOSO	Base Diária	9,4	0,00	43	25	100%	Conforme
SECIL Murteira	Base Diária	6,6	0,00	35	25	100%	Conforme
SECIL Troia	Base Diária	9,4	0,00	51	25	100%	Conforme
SECIL São Luís	Base Diária	6,6	0,00	69	25	100%	Conforme

1.2.7 Partículas com diâmetro médio inferior a 10 µm (PM<sub>10</sub>)

A tabela 3-VII apresenta o resumo das concentrações de PM<sub>10</sub> medidas em 2010.

**Tabela 3-VII** – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de PM<sub>10</sub> (durante o dia) em 2010.

PM <sub>10</sub>									
Estação	Tipologia das Médias	Média (µg/m <sup>3</sup> )	Mínimo (µg/m <sup>3</sup> )	Máximo (µg/m <sup>3</sup> )	Valor limite 24 horas (µg/m <sup>3</sup> )	Nº de Exce- dências permitidas no ano civil / ocorridas em 2010	Valor limite média anual (µg/m <sup>3</sup> )	Eficiência (nº de horas medidas / nº Total de horas)	Avaliação da conformidade legal
Qualar Quebedo	Base Diária	28	7,4	120	50	35/16	40	98%	Conforme
Qualar Arcos	Base Diária	22	3,8	100	50	35/9	40	98%	Conforme
Qualar Fernando Pó	Base Diária	20	3,0	97	50	35/6	40	100%	Conforme
SECIL HOSO	Base Diária	22	5,0	120	50	35/7	40	100%	Conforme
SECIL Murteira	Base Diária	14	0,00	89	50	35/5	40	100%	Conforme
SECIL Troia	Base Diária	17	2,4	100	50	35/4	40	75%	Conforme
SECIL São Luís	Base Diária	14	0,00	85	50	35/3	40	100%	Conforme
EDP Stº Ovídio	Base Diária	9,5	1,1	51	50	35/1	40	100%	Conforme
EDP Subestação	Base Diária	8,1	0,11	210	50	35/3	40	86%	Conforme
EDP Praias do Sado	Base Diária	26	6,2	110	50	35/11	40	86%	Conforme

1.2.8 Dióxido de Enxofre - SO<sub>2</sub>

A tabela 3-VIII apresenta a verificação da conformidade legal para o poluente SO<sub>2</sub>.

Tabela 3-VIII – Verificação da Conformidade Legal das concentrações de SO<sub>2</sub> em 2010.

SO <sub>2</sub>								
Estação	Tipologia das Médias	Média (µg/m <sup>3</sup> )	Mínimo (µg/m <sup>3</sup> )	Máximo (µg/m <sup>3</sup> )	Valor limite média anual (µg/m <sup>3</sup> )	Nº de Exce- dências permitidas no ano civil / ocorridas em 2010	Eficiência (nº de horas medidas / nº Total de horas)	Avaliação da conformidade legal
Qualar Quebedo	B.horária	0,22	0,00	85	350	24/0	99%	Conforme
	B.diária	0,22	0,00	6,8	125	3/0		
Qualar Fernando Pó	B.horária	0,45	0,00	6,2	350	24/0	97%	Conforme
	B.diária	0,45	0,01	1,71	125	3/0		
SECIL HOSO	B.horária	2,1	0,00	11	350	24/0	100%	Conforme
	B.diária	2,1	0,00	5,7	125	3/0		
SECIL Murteira	B.horária	0,62	0,00	4,0	350	24/0	100%	Conforme
	B.diária	0,62	0,00	2,2	125	3/0		
SECIL Troia	B.horária	1,7	0,20	102	350	24/0	100%	Conforme
	B.diária	1,7	0,20	3,2	125	3/0		
SECIL São Luís	B.horária	0,97	0,00	85	350	24/0	100%	Conforme
	B.diária	0,97	0,00	5,0	125	3/0		
EDP Stº Ovídio	B.horária	5,3	3,0	51	350	24/0	86%	Conforme
	B.diária	5,3	3,3	7,5	125	3/0		
EDP Subestação	B.horária	2,2	0,00	209	350	24/0	86%	Conforme
	B.diária	2,2	0,00	11	125	3/0		
EDP Praias do Sado	B.horária	18	0,00	115	350	24/0	86%	Conforme
	B.diária	18	0,00	77	125	3/0		

### 1.3 *Gráficos das médias horária das concentrações*

O estudo das concentrações de poluentes pode considerar-se o primeiro passo para o estabelecimento de uma ligação entre os poluentes atmosféricos e as fontes emissoras. A Figura 3-III apresenta as concentrações médias dos poluentes estudados.

Gráficos de Médias Horárias – Ano 2010

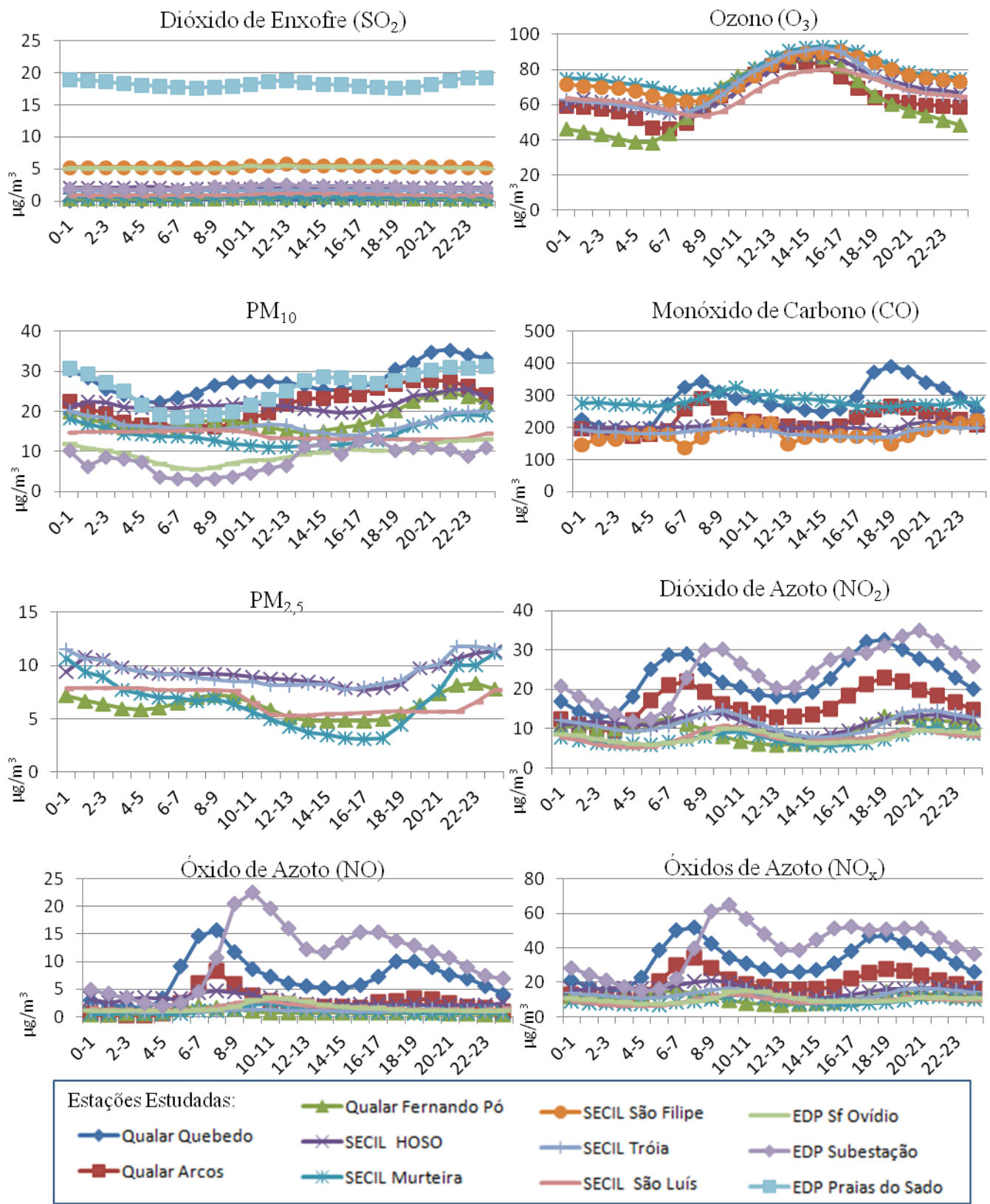


Figura 3-III – Concentrações médias horárias dos poluentes  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{NO}_x$  em 2010 (valores em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

#### 1.4 *Gráficos de sazonalidade das concentrações*

A distribuição sazonal das concentrações de poluentes reflecte os processos conducentes à produção desses poluentes. A Figura 3-IV apresenta as médias mensais dos poluentes SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> nas estações estudadas.



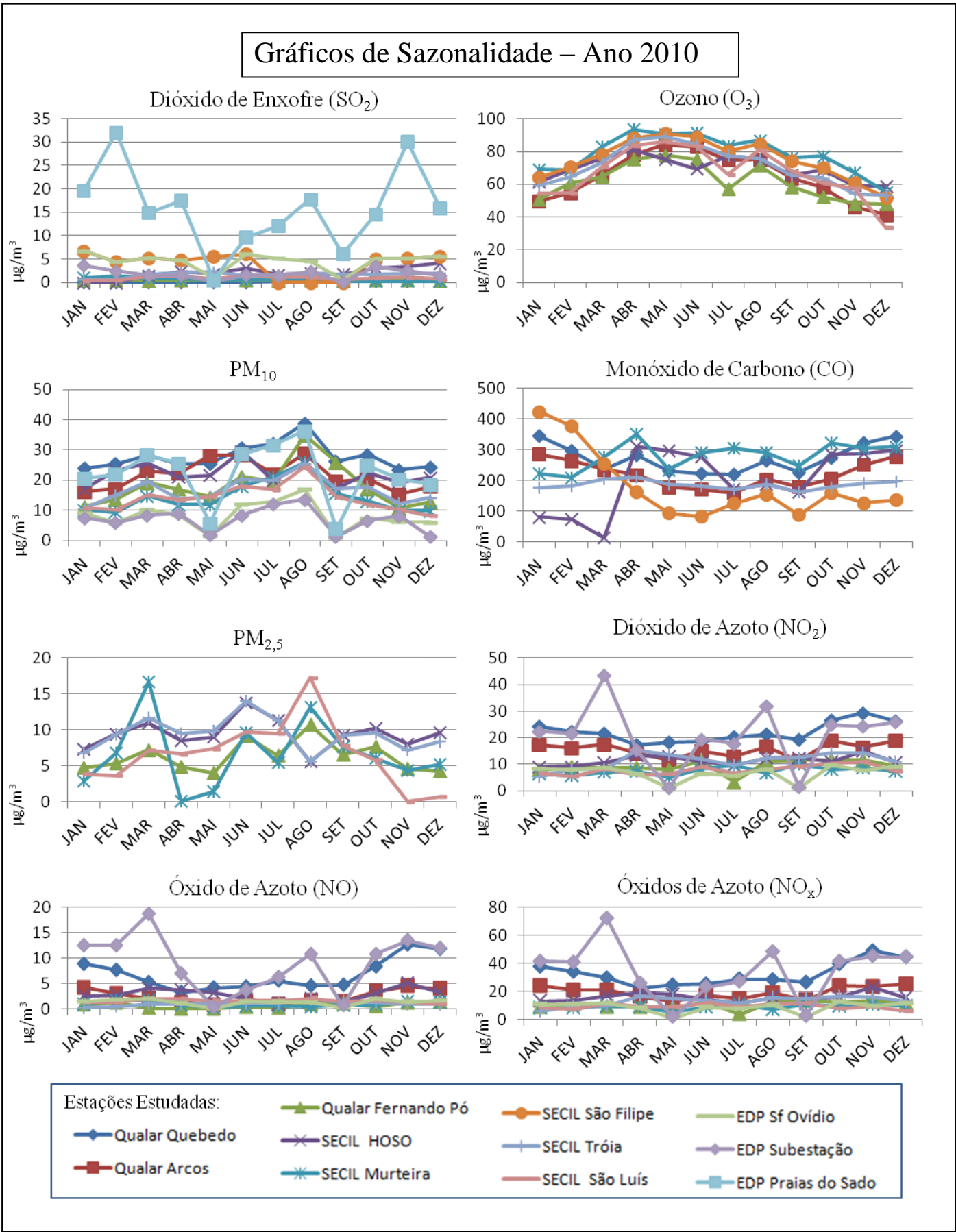


Figura 3-IV – Concentrações médias mensais dos poluentes SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> em 2010 (valores em µg/m<sup>3</sup>).

### 1.5 *A direção dos ventos nas concentrações dos poluentes*

A figura 3-V apresenta a rosa dos ventos para o ano 2010 e para a zona de Setúbal e mostra que os ventos tiveram uma proveniência preferencial de Noroeste.

A informação relativa à direção dos ventos foi integrada com a informação relativa às concentrações de poluentes medidos durante o ano de 2010, tendo sido criados dois tipos de rosas de poluentes para cada poluente e estação. No primeiro tipo de gráfico o tamanho total da barra corresponde à percentagem de dias em que o vento teve a direção indicada. As cores de cada barra correspondem à proporção de cada classe de concentrações para uma determinada direção do vento. O segundo tipo de gráfico (radial) apresenta a concentração média associada a cada direção de vento. Estes dois tipos de gráfico complementam-se: o primeiro relaciona a frequência dos ventos com a distribuição da concentração dos poluentes e no segundo facilmente se consegue visualizar qual a direção que está relacionada com maiores concentrações e, por isso, contribui muito positivamente para a identificação de fontes.

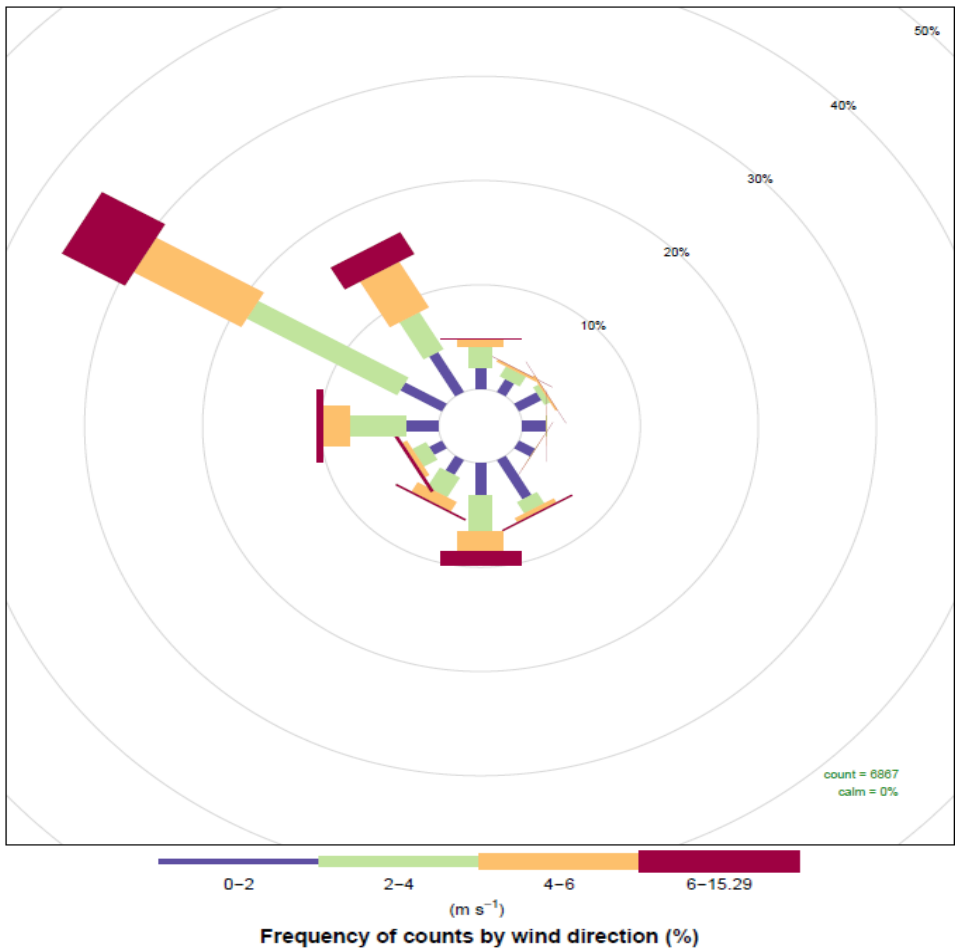
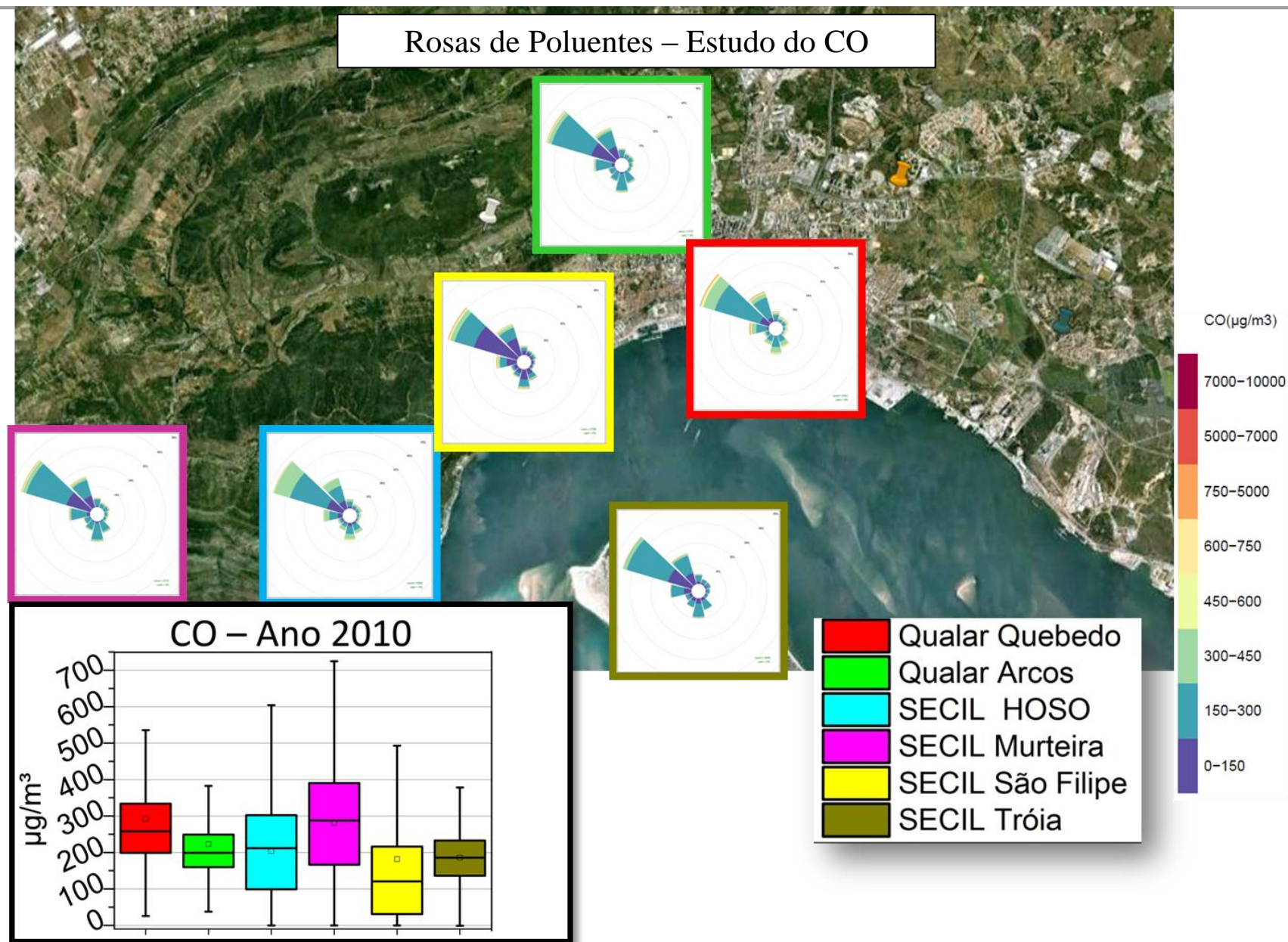


Figura 3-V - Rosa-dos-ventos para a região de Setúbal no ano 2010.

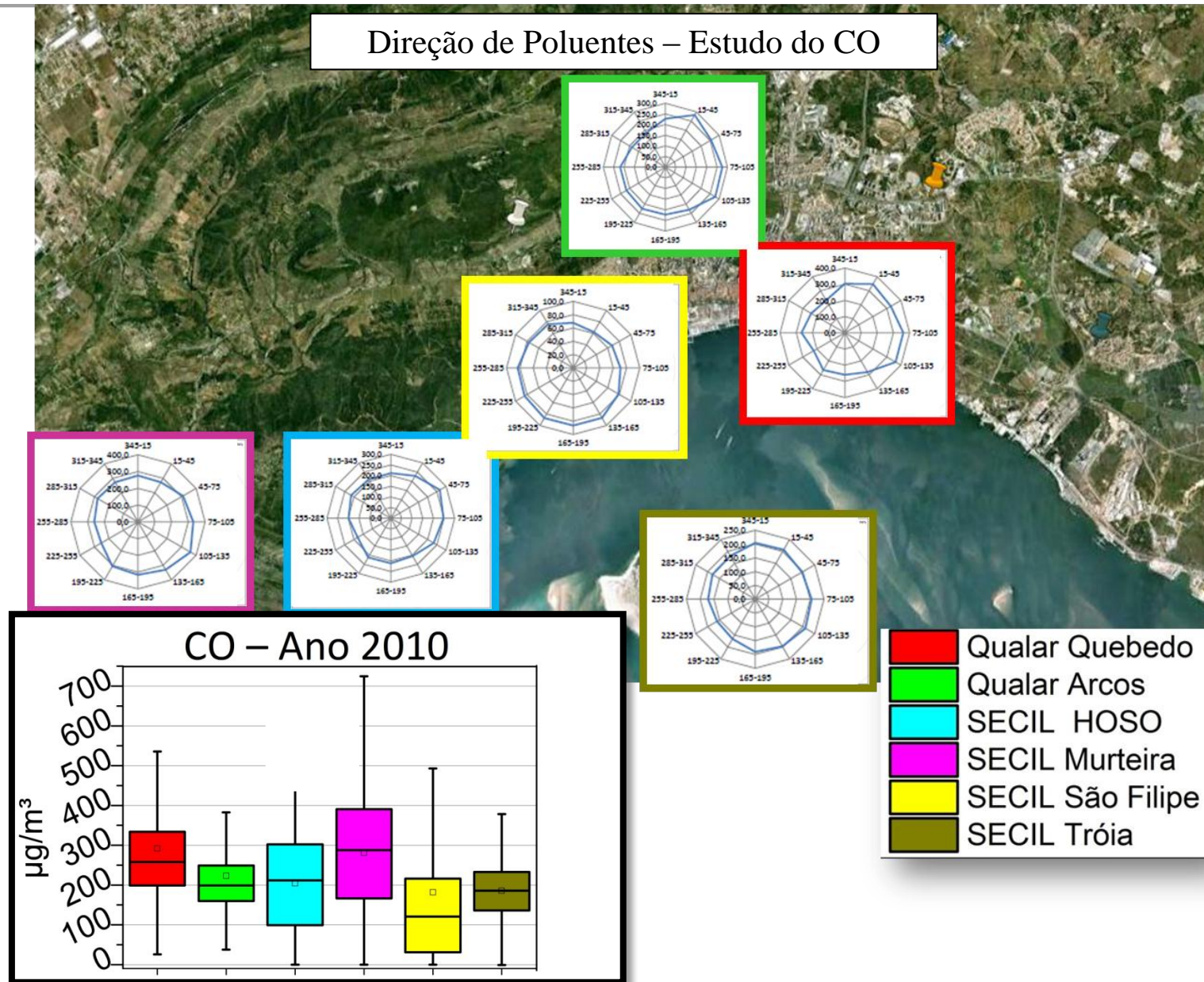
1.5.1 Rosas de Poluentes e Direção de Poluentes

As figuras das Rosas e Direção estão localizadas nas regiões de recepção, representando cada estação, assim através destas, estamos a retratar a história do período.

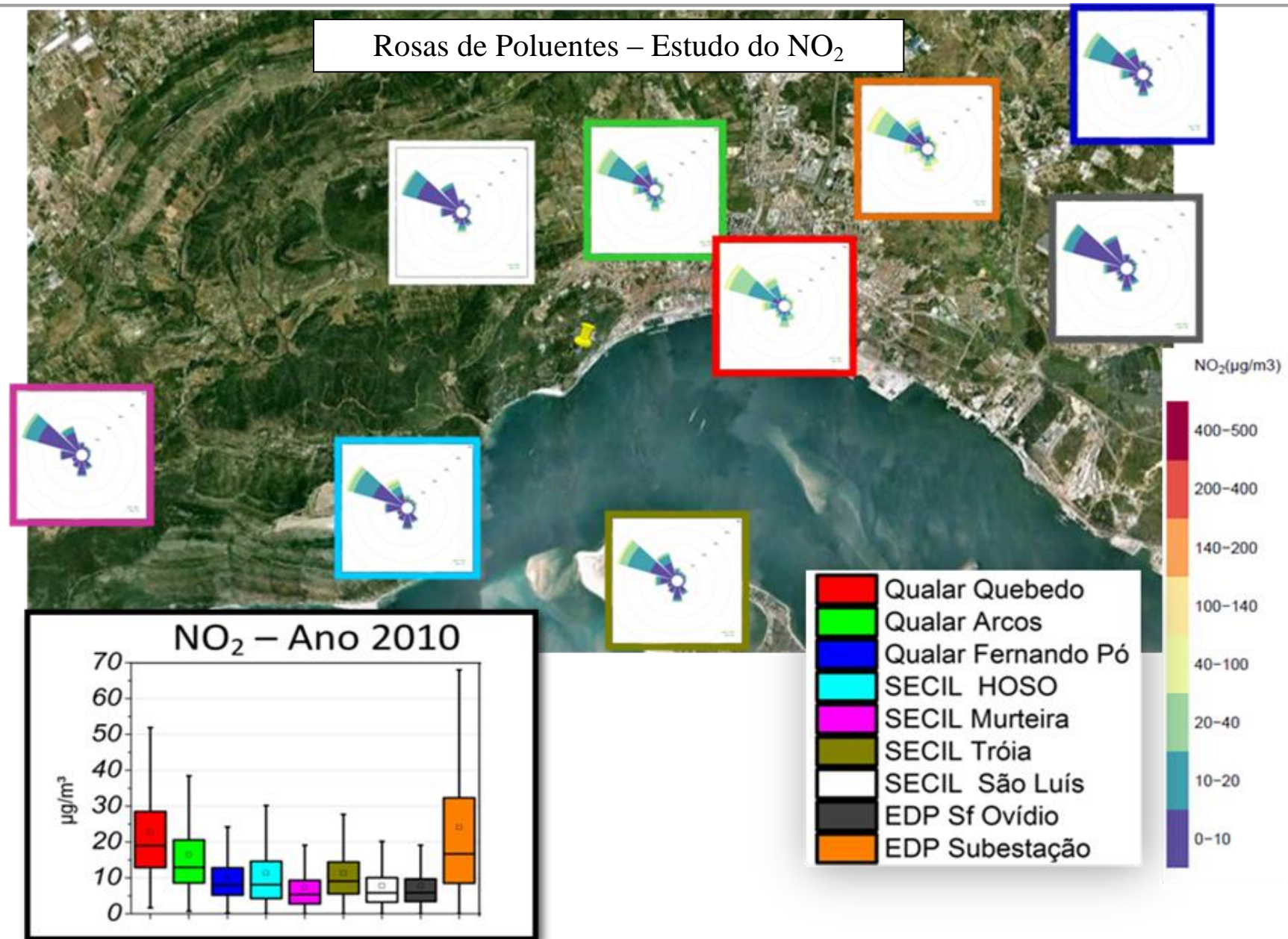


**Figura 3-VI - Rosas de Poluentes – Estudo do CO**



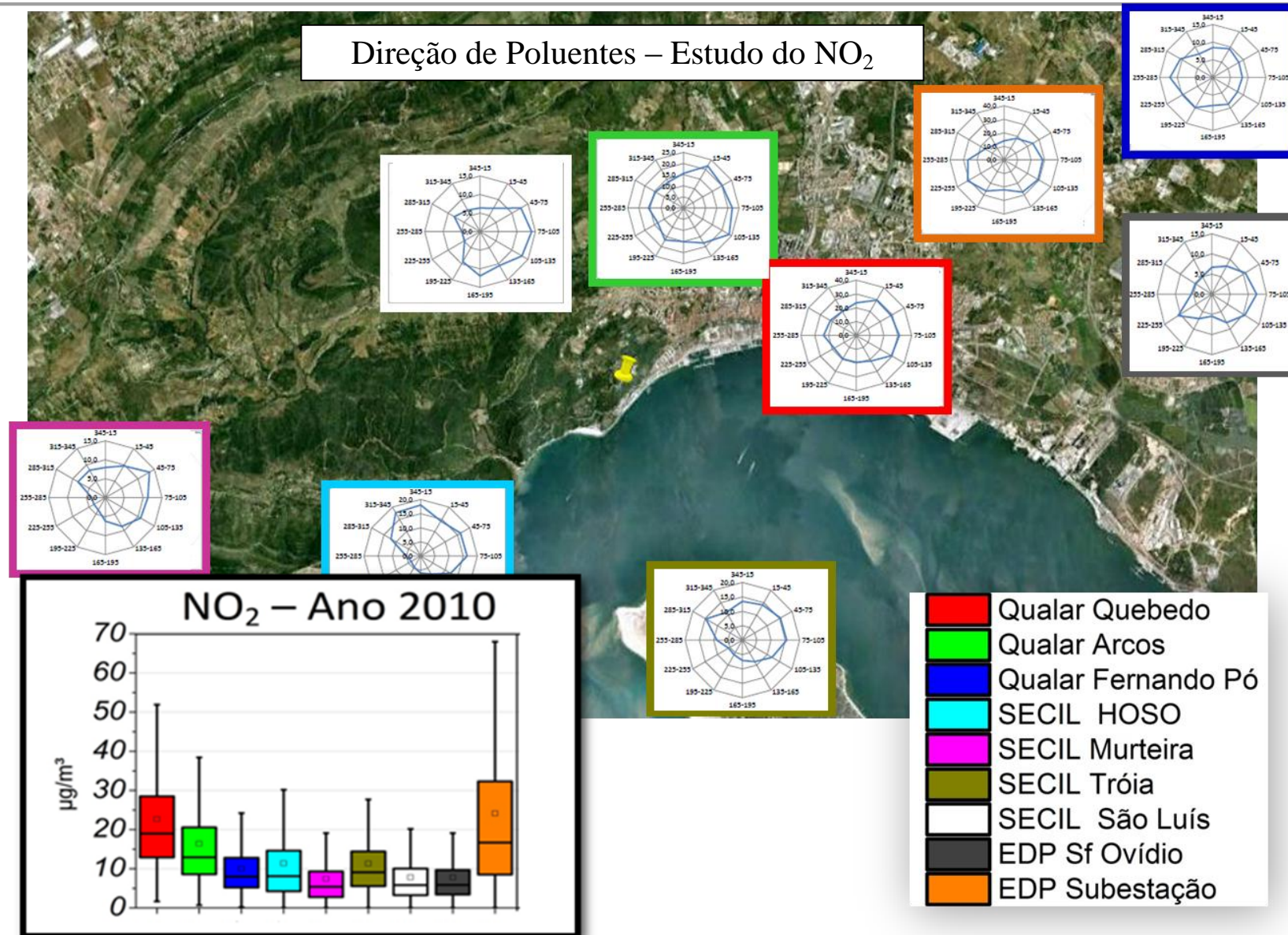


**Figura 3-VII – Mapas radiais referentes ao CO**

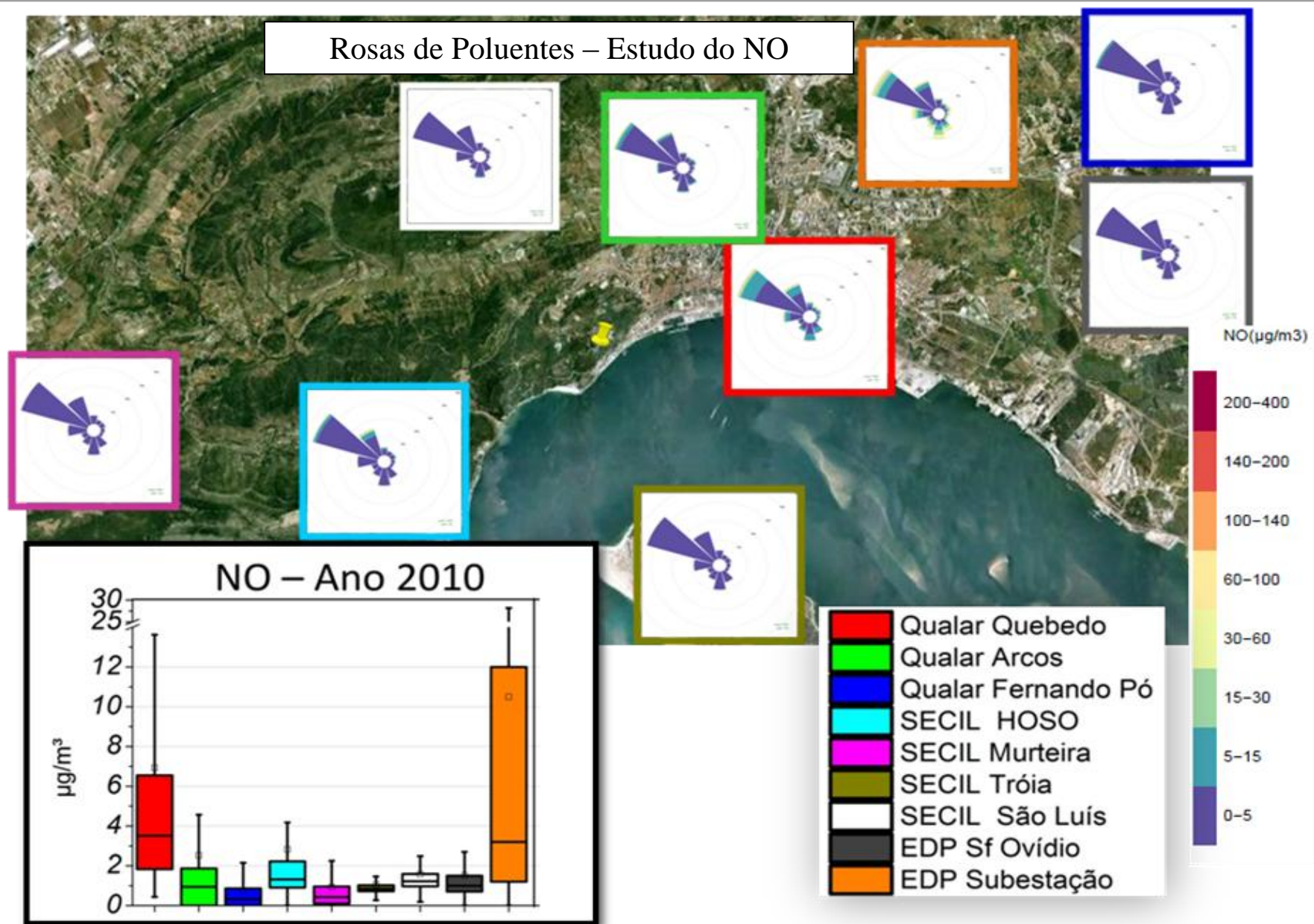


**Figura 3-VIII - Rosas de Poluentes – Estudo do NO<sub>2</sub>**





**Figura 3-IX** - Mapas radiais referentes ao NO<sub>2</sub>



**Figura 3-X** - Rosas de Poluentes – Estudo do NO



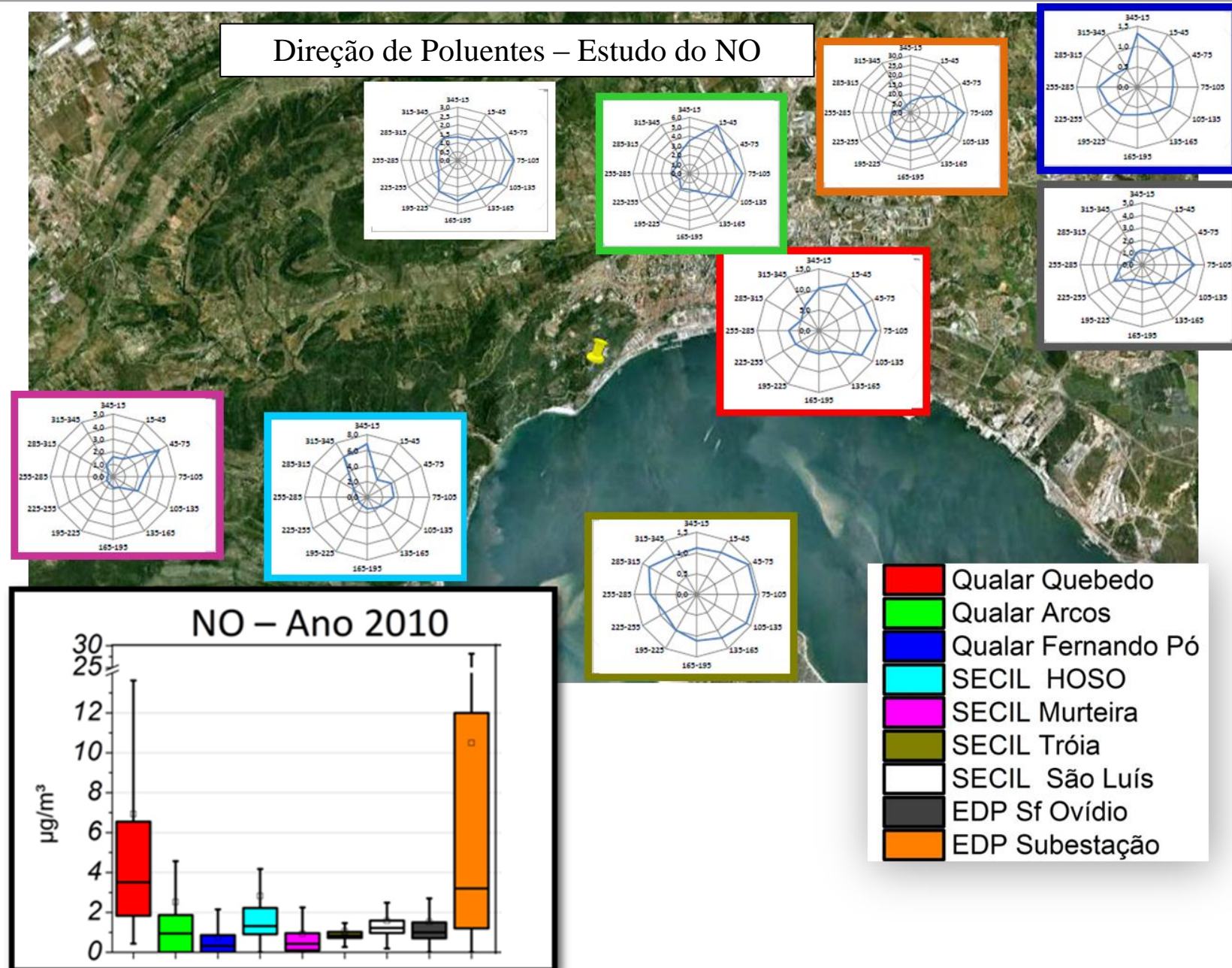
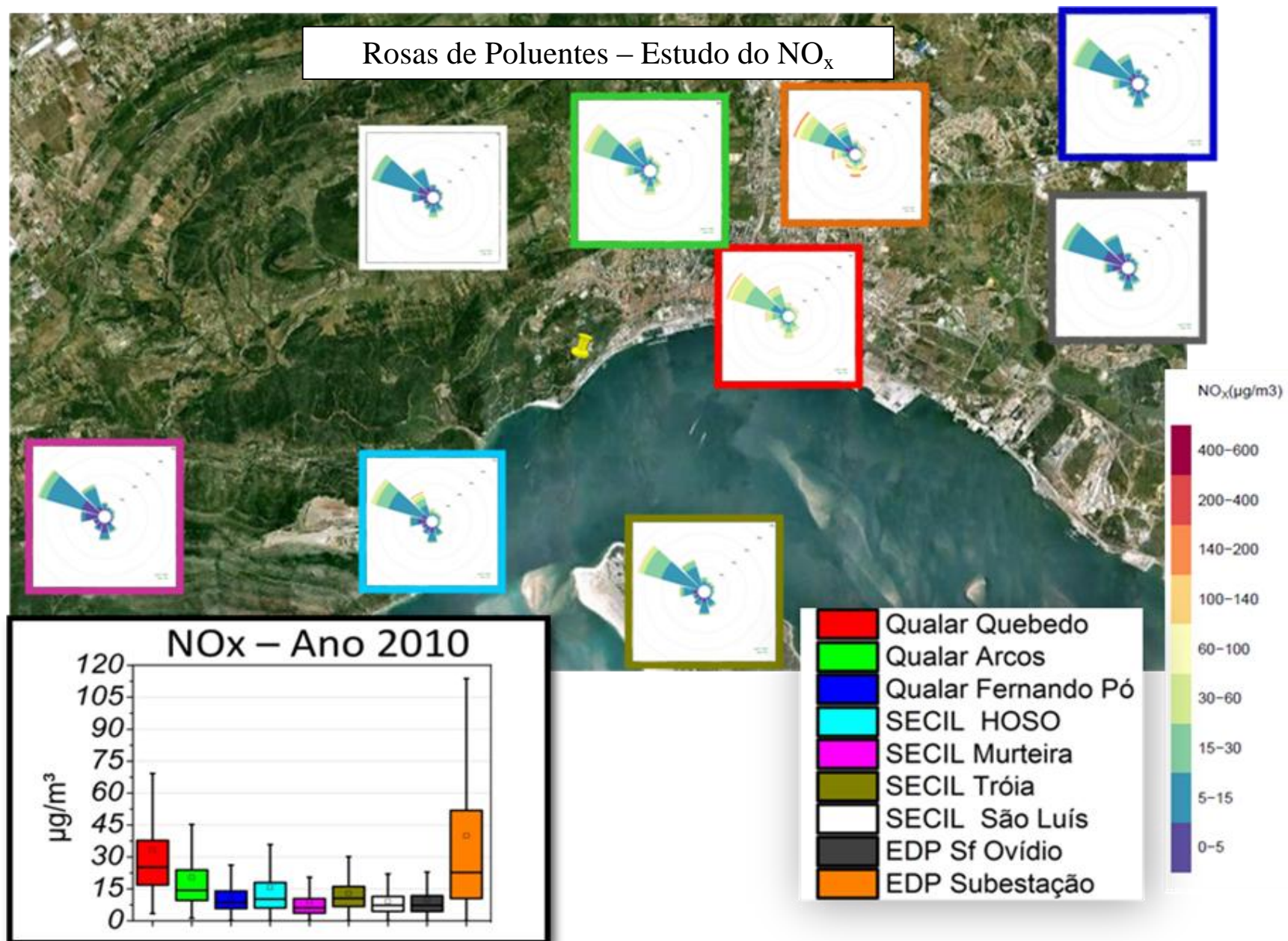


Figura 3-XI - Mapas radiais referentes ao NO



**Figura 3-XII** - Rosas de Poluentes – Estudo do NO<sub>x</sub>



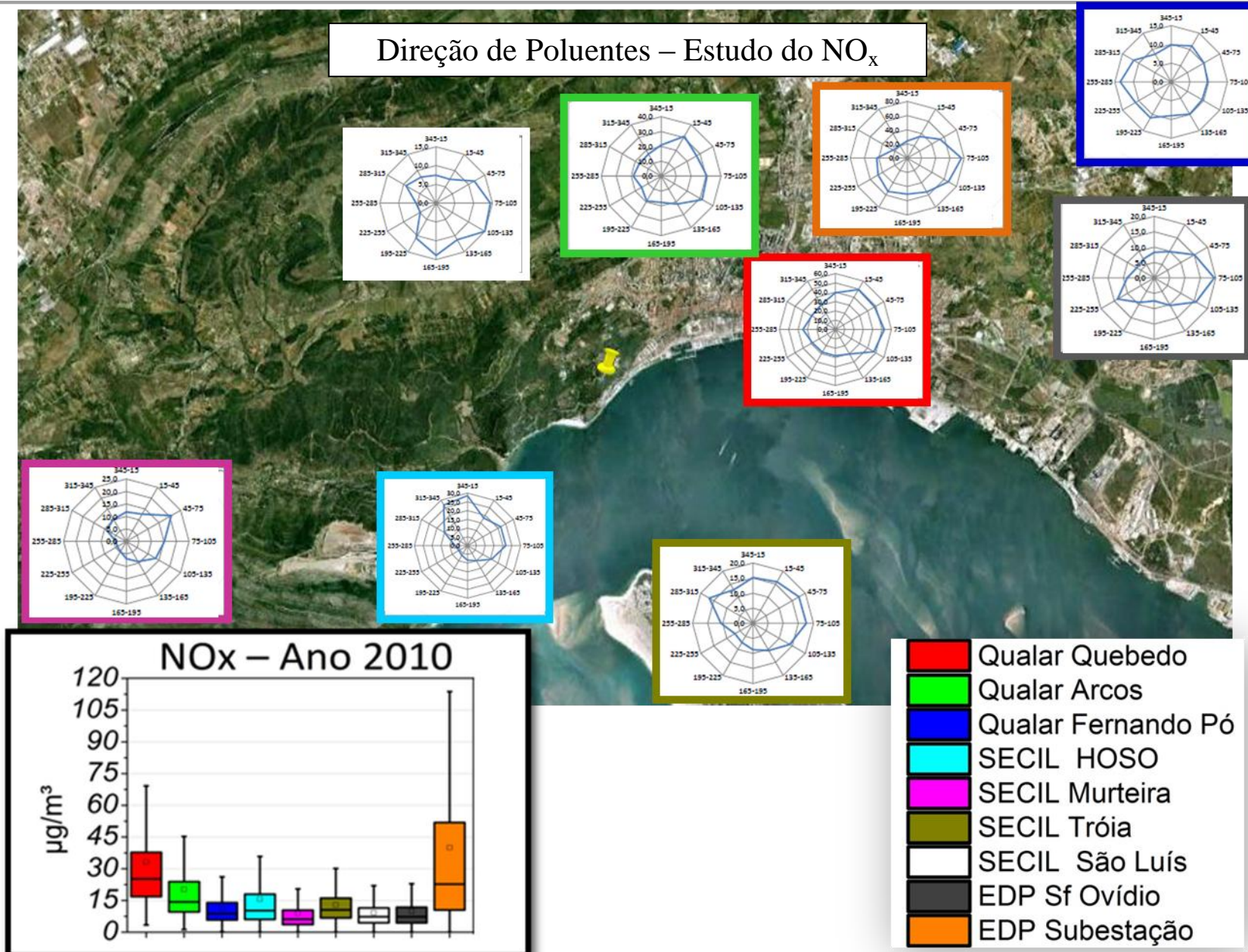
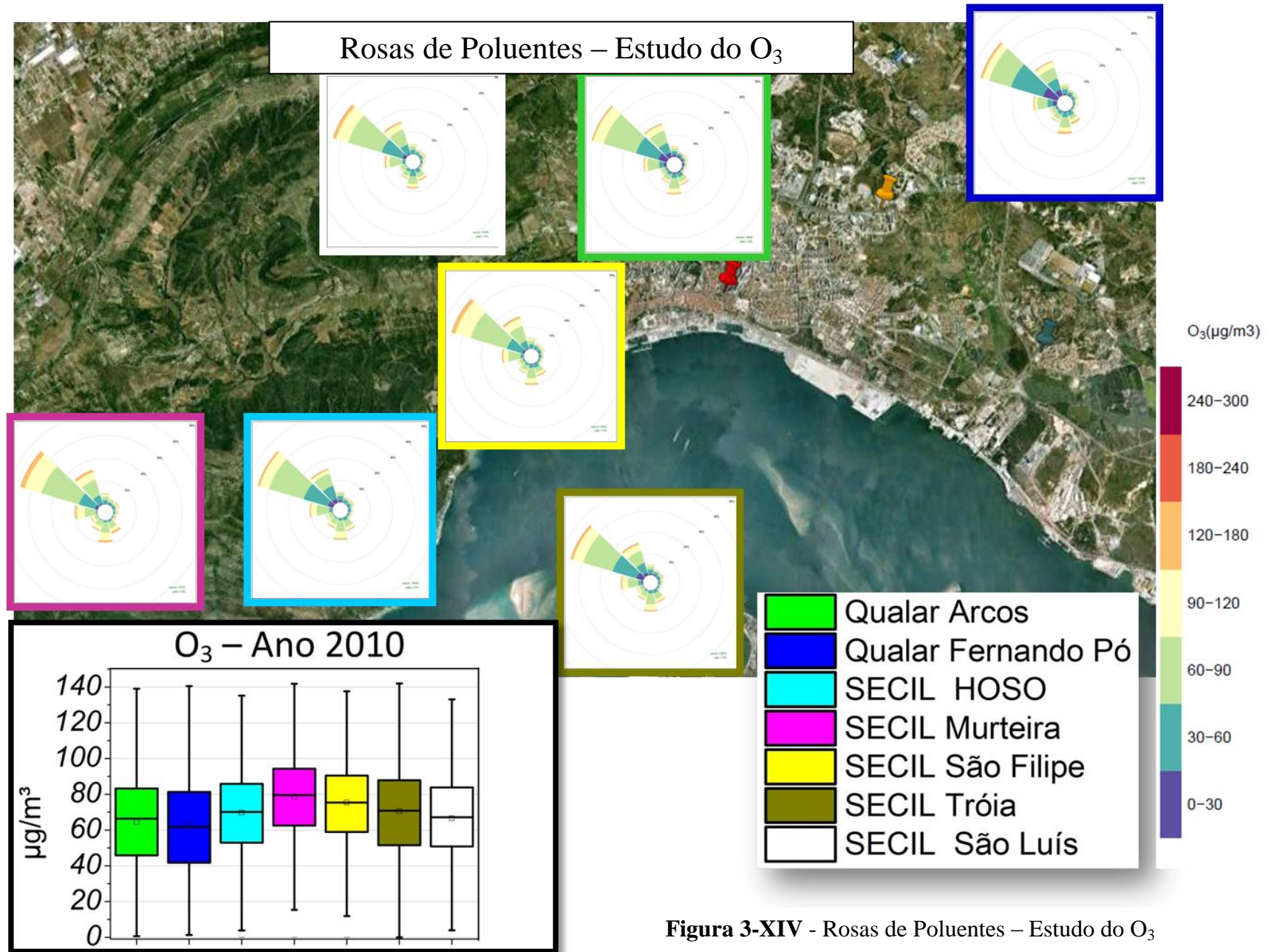


Figura 3-XIII - Mapas radiais referentes ao NO<sub>x</sub>



**Figura 3-XIV - Rosas de Poluentes – Estudo do O<sub>3</sub>**



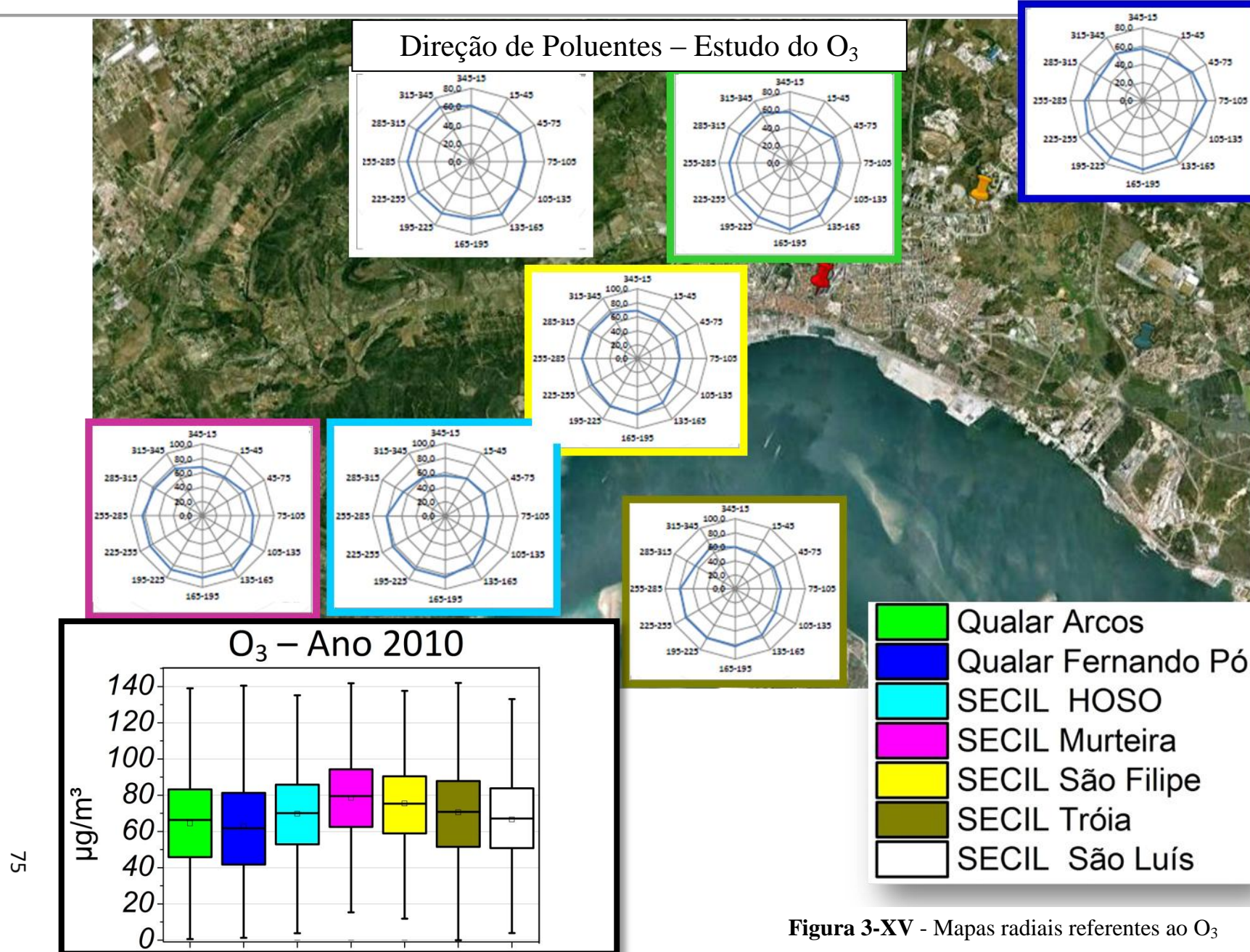
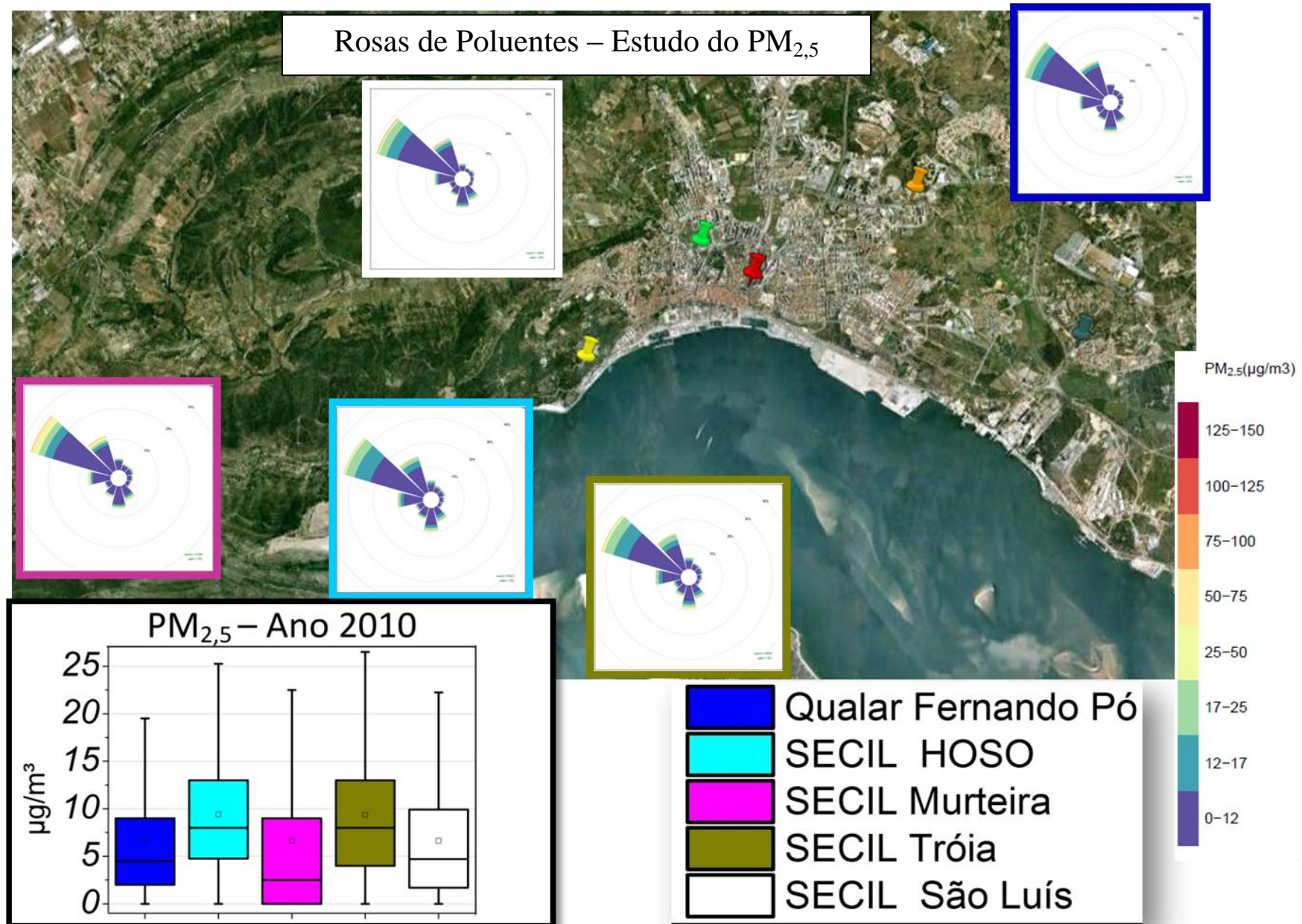
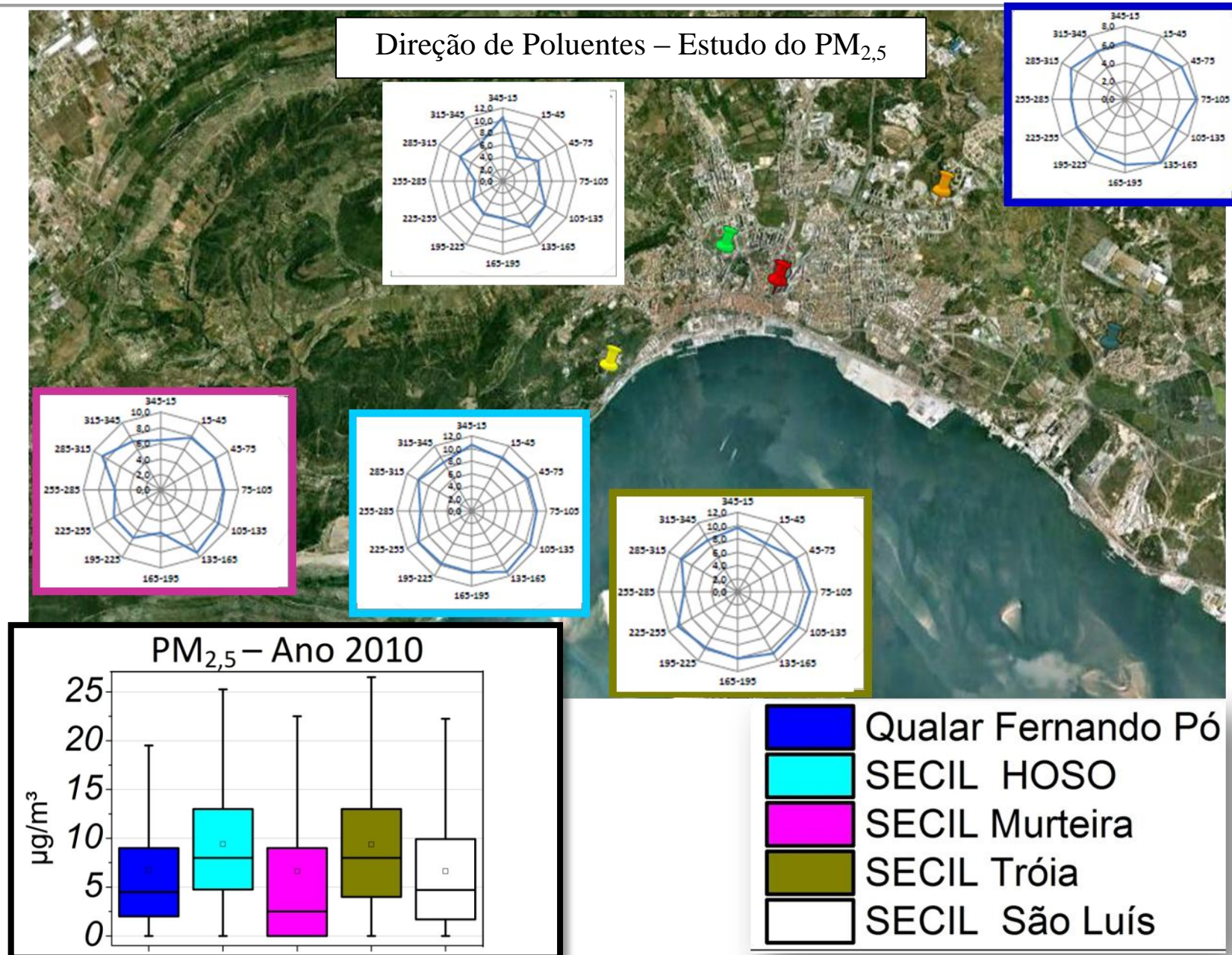


Figura 3-XV - Mapas radiais referentes ao O<sub>3</sub>

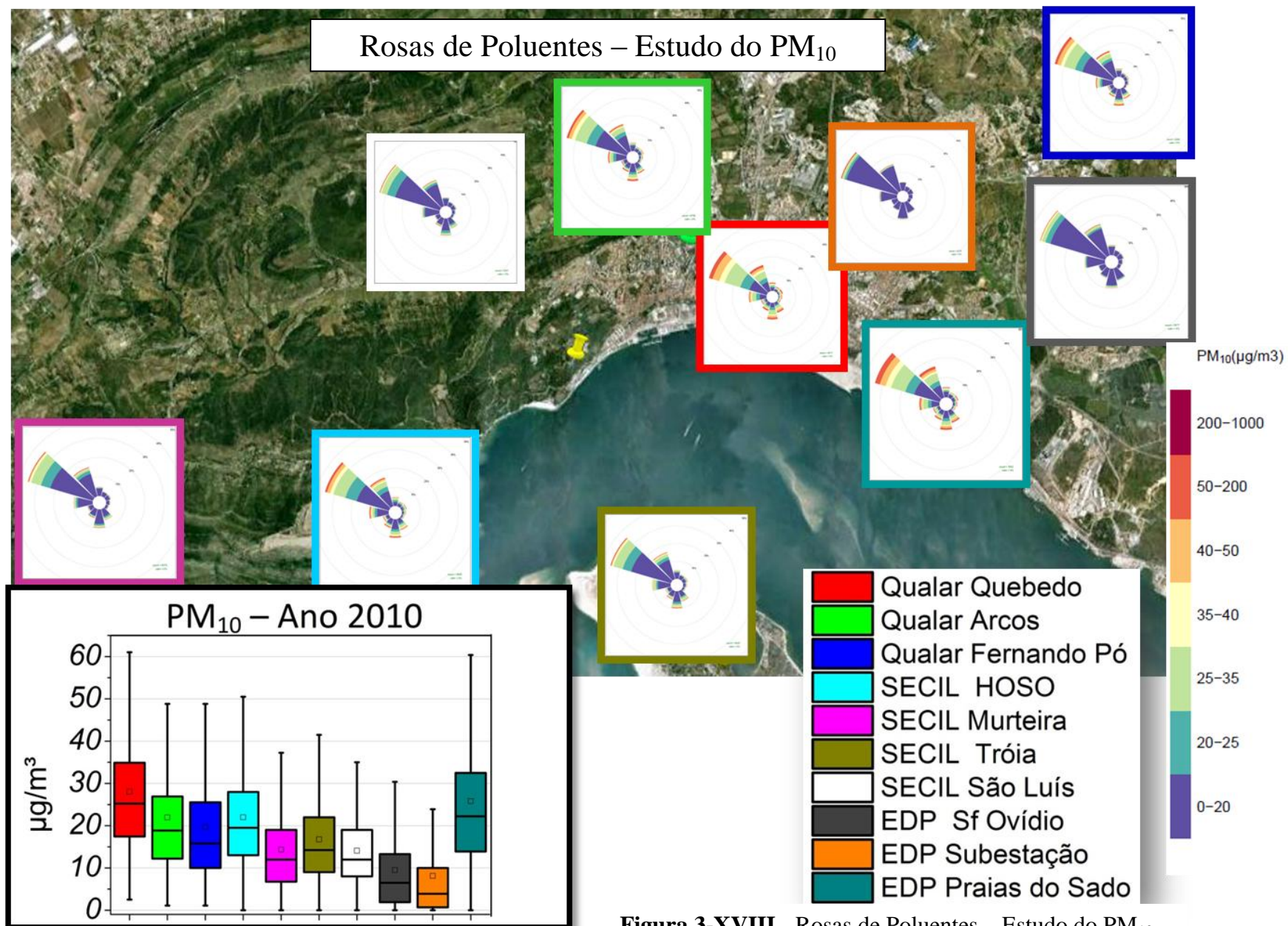


**Figura 3-XVI** - Rosas de Poluentes – Estudo do  $PM_{2,5}$



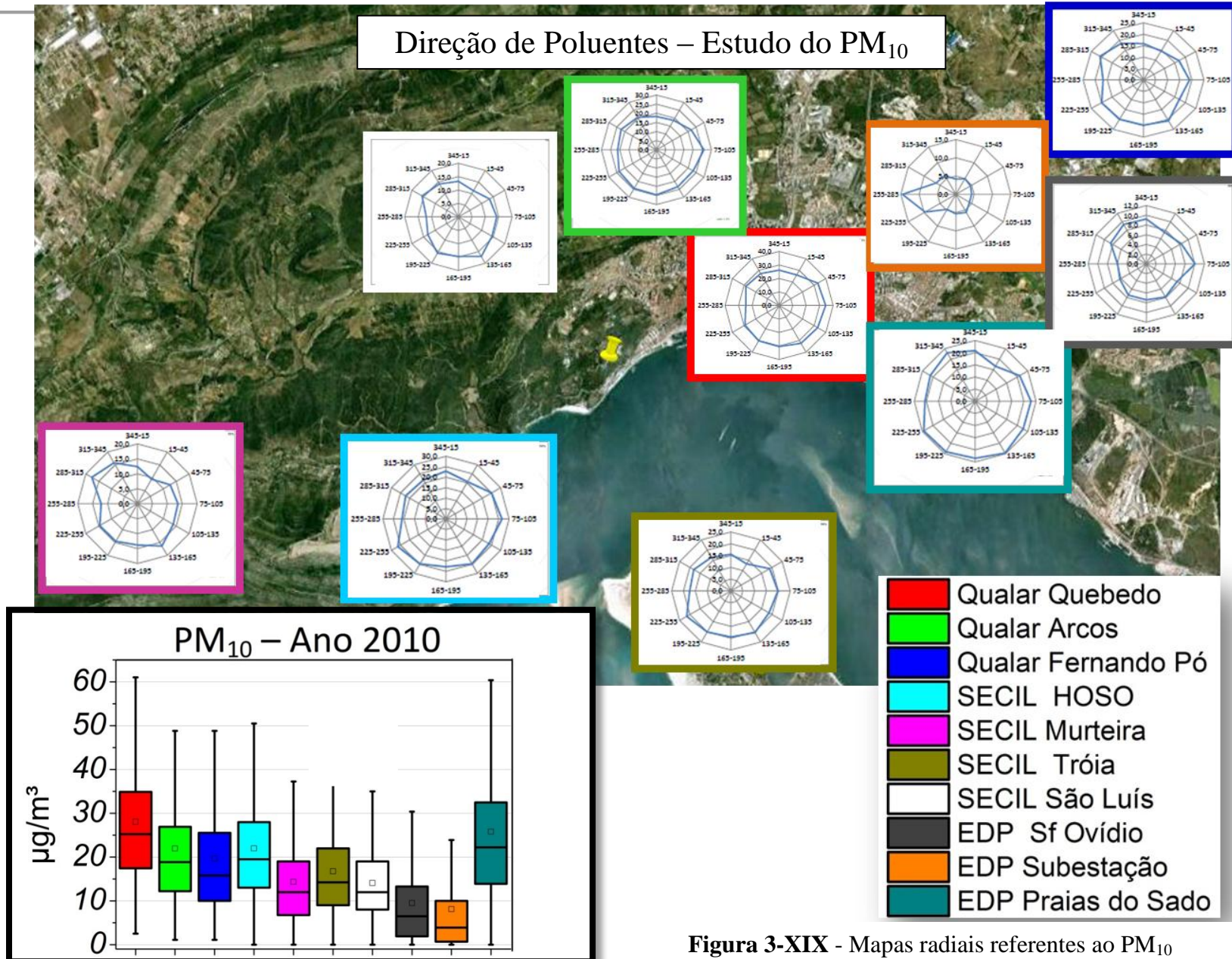


**Figura 3-XVII** - Mapas radiais referentes ao PM<sub>2,5</sub>

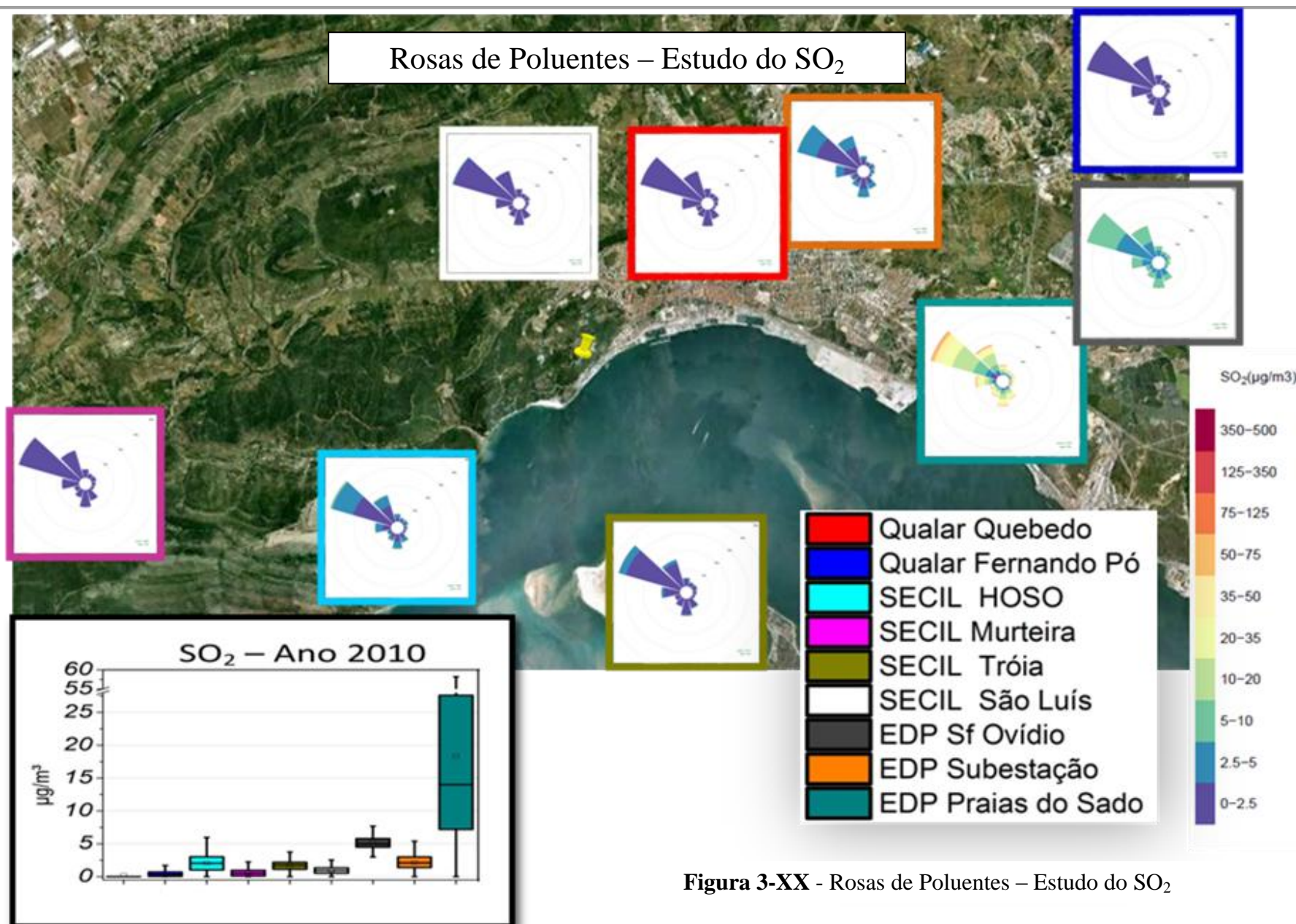


**Figura 3-XVIII - Rosas de Poluentes – Estudo do PM<sub>10</sub>**





**Figura 3-XIX** - Mapas radiais referentes ao PM<sub>10</sub>



**Figura 3-XX** - Rosas de Poluentes – Estudo do SO<sub>2</sub>



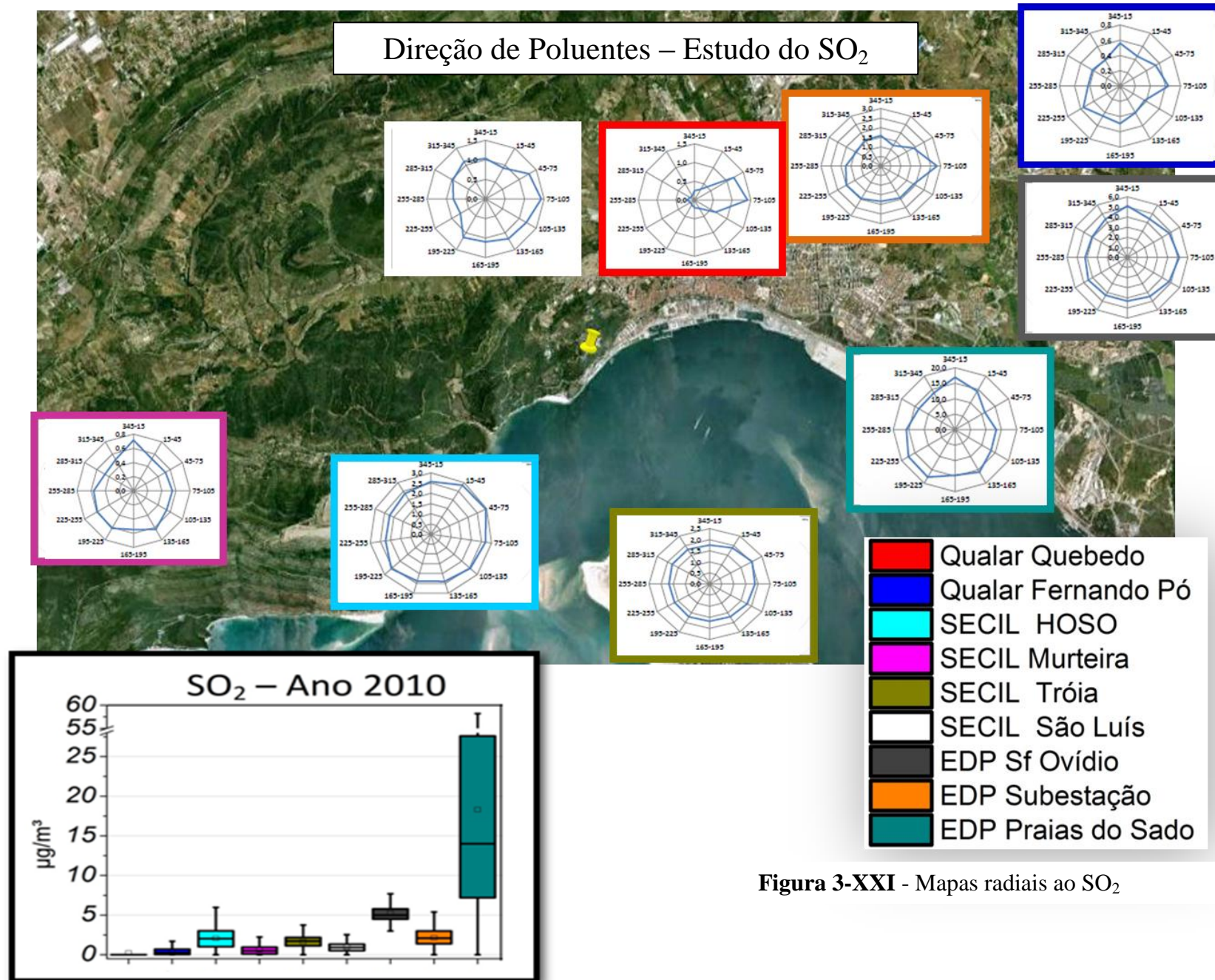


Figura 3-XXI - Mapas radiais ao SO<sub>2</sub>

## 2 Discussão

Quanto a discussão vamos observar: A) A análise histórica do índice de qualidade; B) Avaliação da conformidade legal; C) Identificação de fontes emissoras, através dos C1) Gráficos de médias horárias; C2) Gráficos de sazonalidade e C3) Gráficos Rosas de poluentes e direção do vento.

### 2.1 *Análise histórica do índice de qualidade do ar e poluentes na Região de Setúbal*

Por forma a classificar a qualidade de ar, são estabelecidos níveis de referência para o grau de poluição, que é medido pela quantificação das substâncias poluentes presentes no ar. O objetivo é informar a população sobre a qualidade do ar e tomar medidas mitigadoras. Para simplificar o processo de divulgação desses dados, é utilizado um índice de qualidade do ar.

O índice de qualidade do ar – IQar, de uma determinada área resulta da média aritmética calculada para cada um dos poluentes medidos em todas as estações da rede dessa área. Os valores assim determinados são comparados com as gamas de concentrações associadas a uma escala de cores sendo os piores poluentes responsáveis pelo índice.

São cinco os poluentes englobados no índice de qualidade do ar:

- Monóxido de carbono (CO);
- Dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>);
- Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>);
- Ozono (O<sub>3</sub>);

- Partículas finas ou inaláveis (medidas como PM<sub>10</sub>).

O *IQar* é uma ferramenta que permite uma classificação simples e compreensível do estado da qualidade do ar. Este índice foi desenvolvido para poder traduzir a qualidade do ar das aglomerações populacionais existentes no país, mas também de cidades e áreas industriais. O índice de qualidade do ar permite ainda, um fácil acesso do público à informação sobre qualidade do ar, através da consulta direta ou através dos órgãos de Comunicação Social (Qualar, 2011).

Deve existir pelo menos um monitor para os poluentes NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e PM<sub>10</sub> na zona/aglomeração para a qual se quer calcular o índice. Não sendo obrigatório a medição de CO e SO<sub>2</sub> para o cálculo do índice, no entanto, caso este seja medido, as concentrações são utilizadas para o cálculo (Qualar, 2011).

Na figura 3-I, mostra um crescimento do índice Bom, mantendo um patamar superior a 240 dias durante o ano, desde o ano de 2008. O índice Média qualidade demonstrou desde 2002 uma tendência de queda e estabilizou em torno dos 81 dias, também desde 2008. O índice Fraco tem-se apresentado estável desde sua queda gradativa a partir de 2005 (APA, 2011a).

Setúbal possui um conjunto de variáveis meteorológicas que favorece uma boa dispersão dos poluentes e que acaba por conferir uma boa qualidade do ar nesta região apesar das suas fortes emissões industriais.

Devido à proximidade do mar e à presença dos rios Tejo e Sado, a região de Setúbal tem um clima misto, subtropical e mediterrânico e com fracas amplitudes térmicas, raramente atingindo durante o Inverno temperaturas abaixo de 6°C, enquanto no Verão os valores tem uma média de 22°C.

A região de Setúbal tem um índice pluviométrico que se situa entre os 500-700 mm. A incidência de chuva é maior nos meses do Outono e Inverno. Existindo precipitação ocasional durante todo o ano. Raramente chove nos meses de julho e agosto. Setúbal tem um valor de insolação elevado com a média de 2200 horas. A humidade relativa média anual situa-se entre os 75-80%. É um microclima com índices de pluviosidade baixos e tempera-

turas com poucas oscilações. A velocidade média do vento é de 7,2 km/h e a temperatura média anual na região é de 16°C. (Câmara Municipal de Setúbal, 2012).

Na figura 3-II, verifica-se que com exceção do ozono, todos os poluentes têm demonstrado uma tendência decrescente. Esta diminuição da concentração de poluentes deve-se provavelmente à implementação de tecnologias mais limpas na indústria, ao desenvolvimento de veículos menos poluentes e, nos últimos anos ao cenário de crise que tem implicado a diminuição da produção e o encerramento de algumas unidades na região de estudo.

## ***2.2 Avaliação da conformidade legal das concentrações de Poluentes na Região de Setúbal***

Ao observar os parâmetros legais e os dados obtidos podemos reafirmar a boa condição ambiental da região, com exceção de alguns poluentes.

### ***2.2.1 Monóxido de Carbono (CO)***

Na tabela 3-I apresenta as concentrações de CO registadas nas diferentes estações de monitorização de Setúbal. Verifica-se que nenhuma das estações de monitorização registou

alguma excedência ao valor limite definido. A estação de Quebedo apresentou a maior concentração média de CO provavelmente devido à contribuição que o tráfego automóvel tem para este poluente.

### **2.2.2 Monóxido de Azoto (NO)**

Na tabela 3-II apresenta as concentrações de NO medidas nas estações estudadas. Verifica-se que todas as médias horárias apresentaram valores inferiores ao valor médio anual de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pelo que se pode dizer que o valor de referência não foi excedido em nenhuma estação de monitorização. As concentrações mais elevadas foram registadas na estação da EDP Subestação, que é afectada pelas indústrias existentes na Mitrena, e na estação de Quebedo, que é influenciada pelo tráfego automóvel.

### **2.2.3 Dióxido de Azoto (NO<sub>2</sub>)**

Na tabela 3-III demonstra que a concentração horária limite de  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para o NO<sub>2</sub> apenas foi excedida na estação da Subestação em 2 períodos de 1 hora. Uma vez que a legislação permite a excedência de 18 períodos de amostragem confirma-se a conformidade legal também para esta estação. A concentração média anual limite de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  não foi excedida em nenhuma estação.

À semelhança do NO, as concentrações mais elevadas de NO<sub>2</sub> registaram-se nas estações da EDP Subestação e Qualar Quebedo confirmando associação deste poluente à indústria (principalmente a processos de combustão) e ao tráfego automóvel.

#### **2.2.4 Óxidos de Azoto (NO<sub>x</sub>)**

Na tabela 3-IV apresenta as concentrações de NO<sub>x</sub> medidas e mostra que as estações Qualar Quebedo e EDP Subestação excederam o valor limite anual de 30 µg/m<sup>3</sup>.

#### **2.2.5 Ozono (O<sub>3</sub>)**

Na tabela V mostra que o valor máximo diário das médias de 8 horas foi excedido em mais do que 25 períodos em todas as estações de monitorização pelo que não se verificou conformidade.



### ***2.2.6 Partículas com diâmetro médio inferior a 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>)***

Na tabela 3-VI apresenta as concentrações de PM<sub>2,5</sub> registadas no ano 2010 e mostra que o valor limite de 25µg/m<sup>3</sup> não foi excedido em nenhuma das estações de monitorização.

### ***2.2.7 Partículas com diâmetro médio inferior a 10 µm (PM<sub>10</sub>)***

Na tabela 3-VII apresenta o resumo das concentrações de PM<sub>10</sub> medidas em 2010. Verifica-se que o valor limite de 24h de 50 µg/m<sup>3</sup> não foi excedido mais do que 35 dias em nenhuma das estações de monitorização, bem como o valor limite anual de 40 µg/m<sup>3</sup>.

### ***2.2.8 Dióxido de Enxofre - SO<sub>2</sub>***

Na tabela 3-VIII apresenta a verificação da conformidade legal para o poluente SO<sub>2</sub> e mostra que as concentrações limites diárias e horárias não foram excedidas em nenhuma estação de monitorização.

## 2.3 Identificação de fontes emissoras

Para a identificação de fontes utilizamos as três comparações: A) Avaliação horária das concentrações; B) Avaliação sazonal; C) Avaliação da influência da direção dos ventos nas concentrações dos poluentes.

### 2.3.1 *Avaliação horária das concentrações*

A avaliação horária das concentrações de poluentes pode considerar-se o primeiro passo para o estabelecimento de uma ligação entre os poluentes atmosféricos e as fontes emissoras. Na Figura 3-III apresenta as concentrações médias dos poluentes estudados.

Verifica-se que o SO<sub>2</sub> não apresenta uma variação significativa das suas concentrações ao longo do dia, confirmando assim a sua associação ao setor industrial. Na região de Setúbal 76% das emissões de SO<sub>2</sub> provêm da combustão na indústria e 17% resulta da produção de energia. As concentrações mais elevadas foram registadas na estação da EDP – Praias do Sado que é fortemente influenciada por duas fontes industriais com processos de combustão: a EDP e a Portucel. Hoje 2013, a EDP não é mais a fonte devido o seu descontinuar de produção, contudo em 2010 estava ativa. As concentrações mais reduzidas foram registadas na Estação Fernando Pó, na base diária, que é influenciada essencialmente pelo tráfego automóvel.

A variação das concentrações horárias de O<sub>3</sub> mostra que os níveis deste poluente estão directamente relacionados com a presença de luz, apresentando valores mais reduzidos à

noite. Isto deve-se ao fato deste ser um poluente secundário que não é emitido directamente para a atmosfera tendo a sua produção lugar quando o oxigénio e os seus precursores (COVs e óxidos de azoto) reagem sob a ação da luz solar. As concentrações de  $O_3$  não apresentam diferenças significativas entre as estações estudadas. Por ser um poluente secundário este poderá não estar localizado sobre a fonte de emissão dos seus precursores.

O  $PM_{10}$  é um tipo de poluente atmosférico caracterizado por ser constituído por misturas complexas e variadas de partículas suspensas no ar. Estas podem variar de composição e são produzidas por variadas fontes naturais e antropogénicas. Deste modo, dependendo do tipo de influência da estação de monitorização observaram-se diferentes perfis diários. Enquanto a estação de monitorização localizada no Quebedo, influenciada pelo tráfego automóvel, apresentou concentrações mais elevadas durante as horas de maior circulação de veículos, as estações sob influência da indústria apresentaram um comportamento diferente caracterizado por um aumento das concentrações ao início da noite. O aumento das concentrações de  $PM_{10}$  durante este período deve-se a uma forte estabilidade atmosférica, ventos calmos e diminuição da capacidade de dispersão nas horas noturnas (Vecchi *et al.*, 2006).

Na figura 3-III demonstra a existência de dois picos diários para a concentração de  $PM_{2,5}$ : o primeiro registou-se entre as 7 e as 9 horas e o segundo, com concentrações superiores, entre as 21 e a 1 hora. Este comportamento reflete a associação deste poluente ao tráfego automóvel e à existência de condições de fraca dispersão durante as primeiras horas da noite.

O CO apresentou níveis mais elevados nas estações localizadas no centro de Setúbal. No Quebedo, as concentrações deste poluente atingiram o primeiro pico entre as 7 e as 8 horas, com uma média horária de  $310\mu g/m^3$ , e o segundo pico entre as 18 e as 19 horas, com uma média horária de  $390\mu g/m^3$ . Estes resultados confirmam a associação deste poluente à circulação automóvel.

A estação de Arcos da Qualar, apesar de ser caracterizada como estação de fundo, uma vez que está localizada em Setúbal, possui um comportamento similar ao da estação de Quebedo. A correlação entre estas 2 estações é forte e positiva (0,83) e com significância estatística ( $p=0,00$ ).

Na estação Murteira da SECIL verifica-se que as concentrações CO são constantes ao longo do dia. Apenas se destaca um ligeiro aumento da concentração deste poluente entre as 9 e as 10 horas onde atinge o valor de  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A estação Murteira e Quebedo, apesar de serem as estações onde as concentrações de CO registaram valores mais elevados, apresentam uma fraca correlação entre si ( $r = 0,074$ ). Este fato denuncia a existência de fontes adicionais na Murteira muito provavelmente associadas a processos industriais.

As concentrações de óxidos de azoto apresentam valores mais elevados nas estações de Quebedo, Arcos e Subestação da EDP. As estações de Quebedo e dos Arcos apresentam uma forte correlação entre si (0.82). Estas estações apresentam dois picos diários: o primeiro entre as 7 e as 9 horas da manhã e o segundo entre as 17 e as 19 horas. Estes dois picos diários são coincidentes com os picos de CO observados nestas duas estações indicando uma associação destes poluentes ao tráfego automóvel.

Na Subestação verifica-se que existe um desfasamento de 1 a 2 horas no pico da manhã em relação às duas estações anteriores. À tarde, na Subestação, a concentração de NO atingiu o seu máximo entre as 15 e as 17 horas e o NO<sub>2</sub> entre as 20 e as 21 horas. Desse modo, nesta estação, suspeita-se da existência não só da influência do tráfego mas também industrial.

Na Figura 3-III mostra que a diferença entre a estação Subestação e Quebedo é maior para o NO do que para o NO<sub>2</sub>. Este fato poderá indicar uma maior proximidade à fonte na estação da EDP e uma maior oxidação do NO em Quebedo.

### 2.3.2 Avaliação sazonal das concentrações

A distribuição sazonal das concentrações de poluentes reflecte os processos conducentes à produção desses poluentes. A Figura 3-IV apresenta as médias mensais dos poluentes SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> nas estações estudadas.

Em relação ao SO<sub>2</sub> verifica-se que as concentrações deste poluente foram superiores nos meses de Inverno provavelmente devido ao facto de durante o inverno haver um maior consumo de combustíveis e, conseqüentemente, maiores emissões de SO<sub>2</sub> para a atmosfera (Jo *et al.*, 1999). Para além disso as temperaturas mais elevadas durante o Verão fazem com que o SO<sub>2</sub> reaja com NH<sub>3</sub> dando origem a matéria particulada de origem secundária. Uma vez na forma particulada, o ião sulfato é um composto maioritário no PM<sub>10</sub>. Esse facto poderá explicar o aumento da concentração de PM<sub>10</sub> nos meses mais quentes que se referirá mais à frente.

A estação EDP Praias do Sado atingiu a leitura máxima em fevereiro tendo registado o valor de 32µg/m<sup>3</sup>.

As concentrações de O<sub>3</sub> medidas nas diferentes estações apresentaram uma forte correlação entre si, sendo os seus níveis menores no Inverno e superiores nos meses mais quentes. Este comportamento deve-se ao facto da produção deste poluente estar directamente relacionada com a presença da luz e com a existência dos seus precursores (Jo *et al.*, 1999).

As concentrações de PM<sub>10</sub> atingiram um pico no mês de agosto, tendo sido na estação de Quebedo que se registou a maior concentração média mensal (39µg/m<sup>3</sup>). A segunda maior leitura em agosto foi registada nas Praias do Sado, com uma medição de 32µg/m<sup>3</sup>. O facto de a humidade ser menor no verão poderá levar ao aumento da ressuspensão das partículas nestes meses. Para além disso, também o aumento da produção de partículas secundárias é promovida pelo aumento da temperatura.

O PM<sub>2.5</sub> também apresentou um ligeiro aumento nos meses mais quentes.

Em relação ao CO, com excepção das estações da Secil de Hoso, Troia e Murteira, assistiu-se a um aumento das concentrações nos meses mais frios provavelmente devido ao fato de durante o inverno haver um maior consumo de combustíveis e, conseqüentemente, maiores emissões de CO para a atmosfera (Jo *et al.*, 1999).

Os óxidos de azoto apresentaram um considerável incremento no Inverno.

### ***2.3.3 Avaliação da influência da direção dos ventos nas concentrações dos poluentes***

Observando a distribuição geográfica das rosas dos poluentes para o CO, nas figuras 3-VI e 3-VII, verifica-se que as maiores concentrações foram registadas no Quebedo. Nesta estação as concentrações mais elevadas observaram-se para ventos com proveniência de Sudeste. Nos Arcos, apesar das concentrações serem mais reduzidas, verifica-se também um aumento da concentração média de CO para esta direção de vento. Este comportamento poderá dever-se ao fato destas estações não estarem a ser apenas influenciadas pelo tráfego mas também por emissões industriais da Mitrena.

Com excepção da estação de S. Filipe, todas as estações apresentaram concentrações médias de CO inferiores para ventos provenientes do terceiro e quarto quadrantes. Estes cenários promovem o transporte de massas de ar mais limpas provenientes do oceano e uma maior diluição dos poluentes. De acordo com rosa dos ventos verifica-se que essa é a direção predominante dos ventos na região de estudo o que é uma vantagem para a qualidade do ar em Setúbal.

A estação de S. Filipe apresenta concentrações médias superiores para ventos provenientes de sudoeste podendo assim estar a ser influenciada pela cimenteira localizada no Outão.

Em relação aos óxidos de azoto, nas figuras 3-VIII à 3-XIII verifica-se igualmente que as concentrações diminuem quando as estações são afectadas por ventos de 3º e 4º quadrantes mostrando mais uma vez a importância do transporte de massas de ar do oceano para a qualidade do ar em Setúbal. Na estação do Hoso observa-se um aumento das concentrações de óxidos de azoto para ventos de Norte, na estação da Murteira para ventos de nordeste e na estação de S. Luís para ventos de Sul. Este facto deve-se possivelmente ao impacto da cimenteira nestas estações. A subestação, ponto que apresentou as concentrações mais elevadas de óxidos de azoto, parece ser afectada pela central termoelétrica e demais fontes existentes na Mitrena, uma vez que as suas concentrações aumentam para ventos de 2º quadrante. O tráfego da cidade de Setúbal deverá também afetar esta estação uma vez que também são apresentadas concentrações elevadas para o 3º quadrante.

Quanto ao  $O_3$ , nas figuras 3-XIV e 3-XV, as estações apresentam valores mais uniformizados. Este comportamento deve-se ao facto de este ser um poluente secundário.

As concentrações de  $PM_{10}$  conforme as figuras 3-XVIII e 3-XIX, as mais elevadas foram registadas nas estações de Quebedo e Praias do Sado. Em ambas as estações não se verifica uma diferença significativa para os diferentes setores de vento podendo deduzir-se, por isso, que as fontes deste poluente são locais. O Quebedo é afectado pelo tráfego e as Praias do Sado sofrem a influência da Central Termoelétrica localizada a uma curta distância a sul desta estação. A Subestação é o local onde as concentrações são mais influenciadas pela direção do vento, sendo que os níveis mais elevados foram registados para ventos provenientes de oeste. A oeste desta estação encontra-se o centro urbano de Setúbal, cujo tráfego é uma importante fonte de  $PM_{10}$ . Na Murteira as concentrações de  $PM_{10}$  e  $PM_{2.5}$  são superiores para ventos de 2º quadrante, observadas também nas figuras 3-XVI e 3-XVII, possivelmente devido à influência da cimenteira e respetiva pedreira.

Em relação ao poluente  $SO_2$ , nas figuras 3-XX e 3-XXI verifica-se que a estação Praias do Sado da EDP apresentou a maior mediana das concentrações ( $14\mu g/m^3$ ). Nesta estação as concentrações mais elevadas deste poluente verificaram-se para ventos de 3º quadrante provavelmente devido às emissões provenientes da central termoelétrica.

Em Quebedo e na Subestação as concentrações foram superiores para ventos provenientes de este, apesar de se esperar concentrações maiores para vento de 3º quadrante devido à influência das indústrias localizadas na Mitrena.



## 2.4 Dados estatísticos

### 2.4.1 Análise das Correlações das Redes de Monitorização quanto ao poluente: CO

**Tabela 3-IX**– Correlações das Redes de Monitorização do CO

	Qualar Quebedo	Qualar Arcos	SECIL HOSO	SECIL Murteira	SECIL São Filipe	SECIL Tróia	
Qualar Quebedo	1 p= ---	0,8259 p=0,00	0,0293 p=0,009	0,0743 p=0,000	0,1486 p=0,00	0,1892 p=0,00	Correlaç. Signif.
Qualar Arcos	0,8259 p=0,00	1 p= ---	-0,0155 p=0,164	0,071 p=0,000	0,2133 p=0,00	0,2298 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL HOSO	0,0293 p=0,009	-0,0155 p=0,164	1 p= ---	0,2057 p=0,00	-0,1882 p=0,00	0,2821 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL Murteira	0,0743 p=0,000	0,071 p=0,000	0,2057 p=0,00	1 p= ---	-0,0292 p=0,009	0,1425 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL São Filipe	0,1486 p=0,00	0,2133 p=0,00	-0,1882 p=0,00	-0,0292 p=0,009	1 p= ---	0,0652 p=0,000	Correlaç. Signif.
SECIL Tróia	0,1892 p=0,00	0,2298 p=0,00	0,2821 p=0,00	0,1425 p=0,00	0,0652 p=0,000	1 p= ---	Correlaç. Signif.

O resultado das Correlações entre as estações de monitorização de CO têm uma forte correlação entre Qualar Arcos e Qualar Quebedo, pois  $r = 0,8259$  esta entre:  $0,6 < r < 1$ , logo a correlação é positiva forte. Possuem relação estatisticamente significativas.

A Correlação na maioria das demais estações têm uma correlação positiva fraca, pois estão entre:  $0,0 < r < 0,3$ . São estatisticamente significativas.

A correlação entre SECIL Hoso e SECIL Murteira com a SECIL São Filipe são correlação negativa fraca e possuem relação estatisticamente significativas.

A correlação entre Qualar Arcos e SECIL Hoso é negativa fraca, não sendo não sendo estatisticamente significativas.

As demais correlações foram de modo geral correlação positiva fraca, e possuem relação estatisticamente significativas.

#### 2.4.2 Análise das Correlações das Redes de Monitorização quanto ao poluente: $\text{NO}_2$

**Tabela 3-X**– Correlações das Redes de Monitorização do  $\text{NO}_2$

	Qualar Quebedo	Qualar Arcos	Qualar Fernando Pó	SECIL HOSO	SECIL Murteira	SECIL Tróia	SECIL São Luís	EDP Sf Ovídio	EDP Subestação	
Qualar Quebedo	1 p= ---	0,8407 p=0,00	0,5327 p=0,00	0,2441 p=0,00	0,2681 p=0,00	0,297 p=0,00	0,242 p=0,00	0,258 p=0,00	0,4647 p=0,00	Correlaç. Signif.
Qualar Arcos	0,8407 p=0,00	1 p= ---	0,4975 p=0,00	0,2184 p=0,00	0,2717 p=0,00	0,2433 p=0,00	0,2855 p=0,00	0,3227 p=0,00	0,4701 p=0,00	Correlaç. Signif.
Qualar Fernando Pó	0,5327 p=0,00	0,4975 p=0,00	1 p= ---	0,1159 p=0,00	0,1314 p=0,00	0,281 p=0,00	0,1688 p=0,00	0,1351 p=0,00	0,4078 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL HOSO	0,2441 p=0,00	0,2184 p=0,00	0,1159 p=0,00	1 p= ---	0,3596 p=0,00	0,3982 p=0,00	0,1964 p=0,00	0,2471 p=0,00	0,0474 p=0,000	Correlaç. Signif.
SECIL Murteira	0,2681 p=0,00	0,2717 p=0,00	0,1314 p=0,00	0,3596 p=0,00	1 p= ---	0,279 p=0,00	0,2738 p=0,00	0,2948 p=0,00	0,0913 p=0,000	Correlaç. Signif.
SECIL Tróia	0,297 p=0,00	0,2433 p=0,00	0,281 p=0,00	0,3982 p=0,00	0,279 p=0,00	1 p= ---	0,219 p=0,00	0,2198 p=0,00	0,1289 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL São Luís	0,242 p=0,00	0,2855 p=0,00	0,1688 p=0,00	0,1964 p=0,00	0,2738 p=0,00	0,219 p=0,00	1 p= ---	0,3591 p=0,00	0,2604 p=0,00	Correlaç. Signif.
EDP Sf Ovídio	0,258 p=0,00	0,3227 p=0,00	0,1351 p=0,00	0,2471 p=0,00	0,2948 p=0,00	0,2198 p=0,00	0,3591 p=0,00	1 p= ---	0,2833 p=0,00	Correlaç. Signif.
EDP Subestação	0,4647 p=0,00	0,4701 p=0,00	0,4078 p=0,00	0,0474 p=0,000	0,0913 p=0,000	0,1289 p=0,00	0,2604 p=0,00	0,2833 p=0,00	1 p= ---	Correlaç. Signif.

O resultado das Correlações entre as estações de monitorização de  $\text{NO}_2$  têm uma forte correlação entre Qualar Arcos e Qualar Quebedo, pois  $r = 0,8407$  esta entre:  $0,6 < r < 1$ , logo a correlação é positiva forte. São estatisticamente significativas.

Na correlação positiva moderada,  $r$  está entre:  $0,3 < r < 0,6$ . Observamos as estações Qualar Quebedo e Qualar Fernando Pó; Qualar Arcos e Qualar Fernando Pó; Qua-

lar Arcos e EDP Subestação; Qualar Quebedo e EDP Subestação; Qualar Fernando Pó e EDP Subestação; SECIL Hoso e SECIL Murteira, SECIL Hoso e SECIL Tróia; SECIL São Luís e EDP Sf Ovídio. São estatisticamente significativas.

Na correlação positiva fraca, a estar  $r$  entre:  $0,0 < r < 0,3$ . Estão neste intervalo o resto das estações o que nomeadamente é a maioria. Sendo estas estatisticamente significativas.

### 2.4.3 Análise das Correlações das Redes de Monitorização quanto ao poluente: NO

**Tabela 3-XI**– Correlações das Redes de Monitorização do NO

	Qualar Quebedo	Qualar Arcos	Qualar Fernando Pó	SECIL HOSO	SECIL Murteira	SECIL Tróia	SECIL São Luís	EDP Sf Ovídio	EDP Subestação	
Qualar Quebedo	1 p= ---	0,7764 p=0,00	0,3571 p=0,00	0,0249 p=0,046	0,0744 p=0,000	0,0155 p=0,213	0,042 p=0,001	0,0864 p=0,000	0,3083 p=0,00	Correlaç. Signif.
Qualar Arcos	0,7764 p=0,00	1 p= ---	0,3336 p=0,00	0,0551 p=0,000	0,089 p=0,000	0,0301 p=0,016	0,0909 p=0,000	0,1229 p=0,00	0,3003 p=0,00	Correlaç. Signif.
Qualar Fernando Pó	0,3571 p=0,00	0,3336 p=0,00	1 p= ---	-0,0056 p=0,653	0,0463 p=0,000	0,0091 p=0,464	0,0249 p=0,046	0,0437 p=0,000	0,2239 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL HOSO	0,0249 p=0,046	0,0551 p=0,000	-0,0056 p=0,653	1 p= ---	0,0327 p=0,009	0,0265 p=0,034	0,0293 p=0,019	0,0241 p=0,053	-0,0256 p=0,040	Correlaç. Signif.
SECIL Murteira	0,0744 p=0,000	0,089 p=0,000	0,0463 p=0,000	0,0327 p=0,009	1 p= ---	0,0022 p=0,861	0,0847 p=0,000	0,1104 p=0,000	0,064 p=0,000	Correlaç. Signif.
SECIL Tróia	0,0155 p=0,213	0,0301 p=0,016	0,0091 p=0,464	0,0265 p=0,034	0,0022 p=0,861	1 p= ---	0,043 p=0,001	0,0261 p=0,037	0,029 p=0,020	Correlaç. Signif.
SECIL São Luís	0,042 p=0,001	0,0909 p=0,000	0,0249 p=0,046	0,0293 p=0,019	0,0847 p=0,000	0,043 p=0,001	1 p= ---	0,355 p=0,00	0,2567 p=0,00	Correlaç. Signif.
EDP Sf Ovídio	0,0864 p=0,000	0,1229 p=0,00	0,0437 p=0,000	0,0241 p=0,053	0,1104 p=0,000	0,0261 p=0,037	0,355 p=0,00	1 p= ---	0,2381 p=0,00	Correlaç. Signif.
EDP Subestação	0,3083 p=0,00	0,3003 p=0,00	0,2239 p=0,00	-0,0256 p=0,040	0,064 p=0,000	0,029 p=0,020	0,2567 p=0,00	0,2381 p=0,00	1 p= ---	Correlaç. Signif.

O resultado das Correlações entre as estações de monitorização de NO, demonstram muitas estações não sendo estatisticamente significativas entre si. São elas: Qualar Quebedo e SECIL Tróia; Qualar Fernando Pó e SECIL Tróia; Qualar Fernando Pó e SECIL Hoso; SECIL Hoso e EDP Sf Ovídio; SECIL Tróia e SECIL Murteira. Uma hipótese é que devido a distância entre estas estações as diversas fontes deste poluente devem não atingir a todas estações. Conseguiremos estudar isto melhor nos gráficos de Rosa de Poluentes.

Têm uma boa correlação entre Qualar Arcos e Qualar Quebedo, pois  $r = 0,7764$  esta entre:  $0,6 < r < 1$ , logo a correlação é positiva forte. São estatisticamente significativas.

Na correlação positiva moderada, a estar  $r$  entre:  $0,3 < r < 0,6$ . Observamos as estações Qualar Quebedo e Qualar Fernando Pó; Qualar Arcos e Qualar Fernando Pó; Qualar Arcos e EDP Subestação; Qualar Quebedo e EDP Subestação; SECIL São Luis e EDP Sf Ovídio. São estatisticamente significativas.

Somente duas estações possuem uma correlação negativa fraca, a estar  $r$  entre:  $-0,3 < r < 0,0$ ; sendo estas a EDP Subestação e a SECIL Hoso.

Na correlação positiva fraca, a estar  $r$  entre:  $0,0 < r < 0,3$ . Estão neste intervalo o resto das estações o que nomeadamente é a maioria. Sendo estas estatisticamente significativas.

#### 2.4.4 Análise das Correlações das Redes de Monitorização quanto ao poluente: $\text{NO}_x$

**Tabela 3-XII**– Correlações das Redes de Monitorização do  $\text{NO}_x$

	Qualar Quebedo	Qualar Arcos	Qualar Fernando Pó	SECIL HOSO	SECIL Murteira	SECIL Tróia	SECIL São Luís	EDP Sf Ovídio	EDP Subestação	
Qualar Quebedo	1 p= ---	0,8222 p=0,00	0,4887 p=0,00	0,1221 p=0,00	0,1667 p=0,00	0,2122 p=0,00	0,1339 p=0,00	0,1943 p=0,00	0,3852 p=0,00	Correlaç. Signif.
Qualar Arcos	0,8222 p=0,00	1 p= ---	0,4578 p=0,00	0,1365 p=0,00	0,1966 p=0,00	0,2072 p=0,00	0,2017 p=0,00	0,2524 p=0,00	0,4026 p=0,00	Correlaç. Signif.
Qualar Fernando Pó	0,4887 p=0,00	0,4578 p=0,00	1 p= ---	0,0381 p=0,002	0,0744 p=0,000	0,2358 p=0,00	0,1308 p=0,00	0,0907 p=0,000	0,3338 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL HOSO	0,1221 p=0,00	0,1365 p=0,00	0,0381 p=0,002	1 p= ---	0,1907 p=0,00	0,25 p=0,00	0,0983 p=0,000	0,1313 p=0,00	-0,014 p=0,262	Correlaç. Signif.
SECIL Murteira	0,1667 p=0,00	0,1966 p=0,00	0,0744 p=0,000	0,1907 p=0,00	1 p= ---	0,1983 p=0,00	0,1833 p=0,00	0,2163 p=0,00	0,0545 p=0,000	Correlaç. Signif.
SECIL Tróia	0,2122 p=0,00	0,2072 p=0,00	0,2358 p=0,00	0,25 p=0,00	0,1983 p=0,00	1 p= ---	0,1553 p=0,00	0,1742 p=0,00	0,0911 p=0,000	Correlaç. Signif.
SECIL São Luís	0,1339 p=0,00	0,2017 p=0,00	0,1308 p=0,00	0,0983 p=0,000	0,1833 p=0,00	0,1553 p=0,00	1 p= ---	0,3175 p=0,00	0,2865 p=0,00	Correlaç. Signif.
EDP Sf Ovídio	0,1943 p=0,00	0,2524 p=0,00	0,0907 p=0,000	0,1313 p=0,00	0,2163 p=0,00	0,1742 p=0,00	0,3175 p=0,00	1 p= ---	0,2861 p=0,00	Correlaç. Signif.
EDP Subestação	0,3852 p=0,00	0,4026 p=0,00	0,3338 p=0,00	-0,014 p=0,262	0,0545 p=0,000	0,0911 p=0,000	0,2865 p=0,00	0,2861 p=0,00	1 p= ---	Correlaç. Signif.

O resultado das Correlações entre as estações de monitorização de  $\text{NO}_x$ , demonstrou apenas uma correlação entre estações não sendo estatisticamente significativas entre si. SECIL Hoso e EDP Murteira.

Têm uma boa correlação entre Qualar Arcos e Qualar Quebedo, pois  $r = 0,8222$  esta entre:  $0,6 < r < 1$ , logo a correlação é positiva forte. São estatisticamente significativas.

Na correlação positiva moderada, a estar  $r$  entre:  $0,3 < r < 0,6$ . Observamos as estações Qualar Quebedo e Qualar Fernando Pó; Qualar Arcos e Qualar Fernando Pó; Qualar Arcos e EDP Subestação; Qualar Quebedo e EDP Subestação; SECIL São Luis e EDP Sf Ovídio. São estatisticamente significativas.

Na correlação positiva fraca, a estar  $r$  entre:  $0,0 < r < 0,3$ . Estão neste intervalo o resto das estações o que nomeadamente é a maioria. Sendo estas estatisticamente significativas.

#### 2.4.5 Análise das Correlações das Redes de Monitorização quanto ao poluente: $O_3$

**Tabela 3-XIII**– Correlações das Redes de Monitorização do  $O_3$

	Qualar Arcos	Qualar Fernando Pó	SECIL HOSO	SECIL Murteira	SECIL São Filipe	SECIL Tróia	SECIL São Luís	
Qualar Arcos	1 p= ---	0,8155 p=0,00	0,6934 p=0,00	0,6688 p=0,00	0,8019 p=0,00	0,8225 p=0,00	0,622 p=0,00	Correlaç. Signif.
Qualar Fernando Pó	0,8155 p=0,00	1 p= ---	0,6513 p=0,00	0,6035 p=0,00	0,6694 p=0,00	0,7714 p=0,00	0,5379 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL HOSO	0,6934 p=0,00	0,6513 p=0,00	1 p= ---	0,6771 p=0,00	0,7446 p=0,00	0,7942 p=0,00	0,5666 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL Murteira	0,6688 p=0,00	0,6035 p=0,00	0,6771 p=0,00	1 p= ---	0,7687 p=0,00	0,6853 p=0,00	0,6912 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL São Filipe	0,8019 p=0,00	0,6694 p=0,00	0,7446 p=0,00	0,7687 p=0,00	1 p= ---	0,7752 p=0,00	0,7521 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL Tróia	0,8225 p=0,00	0,7714 p=0,00	0,7942 p=0,00	0,6853 p=0,00	0,7752 p=0,00	1 p= ---	0,6039 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL São Luís	0,622 p=0,00	0,5379 p=0,00	0,5666 p=0,00	0,6912 p=0,00	0,7521 p=0,00	0,6039 p=0,00	1 p= ---	Correlaç. Signif.

O resultado das Correlações entre as estações de monitorização de  $O_3$  têm a exclusão de duas correlações, no geral há uma forte correlação entre as estações pois na grande maioria o  $r$  está entre:  $0,6 < r < 1$ , logo a correlação é positiva forte. Só se exclui a correlação entre: Qualar Fernando Pó e SECIL São Luís; SECIL Hoso e SECIL São Luís, cujas correlações são moderadas. Possuem relação estatisticamente significativas.

#### 2.4.6 Análise das Correlações das Redes de Monitorização quanto ao poluente: $PM_{2,5}$

**Tabela 3-XIV**– Correlações das Redes de Monitorização do  $PM_{2,5}$

	Qualar Fernando Pó	SECIL HOSO	SECIL Murteira	SECIL Tróia	SECIL São Luís	
Qualar Fernando Pó	1 p= ---	0,466 p=0,00	0,3909 p=0,00	0,4937 p=0,00	0,4583 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL HOSO	0,466 p=0,00	1 p= ---	0,2302 p=0,00	0,801 p=0,00	0,1923 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL Murteira	0,3909 p=0,00	0,2302 p=0,00	1 p= ---	0,2289 p=0,00	0,2895 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL Tróia	0,4937 p=0,00	0,801 p=0,00	0,2289 p=0,00	1 p= ---	0,2236 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL São Luís	0,4583 p=0,00	0,1923 p=0,00	0,2895 p=0,00	0,2236 p=0,00	1 p= ---	Correlaç. Signif.

O resultado das correlações entre as estações de monitorização de  $PM_{2,5}$  têm uma forte correlação entre SECIL Hoso e SECIL Tróia, pois  $r = 0,801$  esta entre:  $0,6 < r < 1$ , logo a correlação é positiva forte. Possuem relação estatisticamente significativas.

A correlação da estação Qualar Fernando Pó é moderada com as demais estações, pois  $r$  esta entre:  $0,3 < r < 0,6$ . Possuem relação estatisticamente significativas.

As demais correlações foram de modo geral correlação positiva fraca, e possuem relação estatisticamente significativas.

### 2.4.7 Análise das Correlações das Redes de Monitorização quanto ao poluente: $PM_{10}$

**Tabela 3-XV**– Correlações das Redes de Monitorização do  $PM_{10}$

	Qualar Quebedo	Qualar Arcos	Qualar Fernando Pó	SECIL HOSO	SECIL Murteira	SECIL Tróia	SECIL São Luís	EDP Sf Ovídio	EDP Subestação	EDP Praias do Sado	
Qualar Quebedo	1 p= ---	0,7526 p=0,00	0,7758 p=0,00	0,7062 p=0,00	0,6383 p=0,00	0,7678 p=0,00	0,554 p=0,00	0,5083 p=0,00	0,0971 p=0,000	0,7548 p=0,00	Correlaç. Signif.
Qualar Arcos	0,7526 p=0,00	1 p= ---	0,7022 p=0,00	0,6406 p=0,00	0,5671 p=0,00	0,6587 p=0,00	0,4737 p=0,00	0,4604 p=0,00	0,1117 p=0,00	0,6885 p=0,00	Correlaç. Signif.
Qualar Fernando Pó	0,7758 p=0,00	0,7022 p=0,00	1 p= ---	0,6402 p=0,00	0,6976 p=0,00	0,764 p=0,00	0,6045 p=0,00	0,5372 p=0,00	0,1051 p=0,000	0,7052 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL HOSO	0,7062 p=0,00	0,6406 p=0,00	0,6402 p=0,00	1 p= ---	0,5531 p=0,00	0,8057 p=0,00	0,4601 p=0,00	0,3768 p=0,00	0,0619 p=0,000	0,6028 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL Murteira	0,6383 p=0,00	0,5671 p=0,00	0,6976 p=0,00	0,5531 p=0,00	1 p= ---	0,6694 p=0,00	0,5877 p=0,00	0,4495 p=0,00	0,0868 p=0,000	0,5763 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL Tróia	0,7678 p=0,00	0,6587 p=0,00	0,764 p=0,00	0,8057 p=0,00	0,6694 p=0,00	1 p= ---	0,5444 p=0,00	0,4371 p=0,00	0,0808 p=0,000	0,6759 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL São Luís	0,554 p=0,00	0,4737 p=0,00	0,6045 p=0,00	0,4601 p=0,00	0,5877 p=0,00	0,5444 p=0,00	1 p= ---	0,3704 p=0,00	0,0865 p=0,000	0,5177 p=0,00	Correlaç. Signif.
EDP Sf Ovídio	0,5083 p=0,00	0,4604 p=0,00	0,5372 p=0,00	0,3768 p=0,00	0,4495 p=0,00	0,4371 p=0,00	0,3704 p=0,00	1 p= ---	0,1212 p=0,00	0,5821 p=0,00	Correlaç. Signif.
EDP Subestação	0,0971 p=0,000	0,1117 p=0,00	0,1051 p=0,000	0,0619 p=0,000	0,0868 p=0,000	0,0808 p=0,000	0,0865 p=0,000	0,1212 p=0,00	1 p= ---	0,1261 p=0,00	Correlaç. Signif.
EDP Praias do Sado	0,7548 p=0,00	0,6885 p=0,00	0,7052 p=0,00	0,6028 p=0,00	0,5763 p=0,00	0,6759 p=0,00	0,5177 p=0,00	0,5821 p=0,00	0,1261 p=0,00	1 p= ---	Correlaç. Signif.

Chama a atenção é a correlação fraca e positiva com todas as estações correlacionadas, quando comparada à estação EDP Subestação.

Ao excluir a condição anterior, as correlações de forma geral são de forte correlação, pois na grande maioria o  $r$  está entre:  $0,6 < r < 1$ , logo a correlação é positiva forte. Só se exclui a correlação entre: SECIL Murteira e Qualar Fernando Pó; SECIL Murteira e SECIL Hoso; SECIL São Luís e Qualar Quebedo; SECIL São Luís e Qualar Arcos; SECIL São Luís e SECIL Hoso; SECIL São Luís e SECIL Murteira; SECIL São Luís e



SECIL Tróia; EDP Sf Ovídio e Qualar Quebedo; EDP Sf Ovídio e Qualar Arcos; EDP Sf Ovídio e SECIL Hoso; EDP Sf Ovídio e SECIL Murteira; EDP Sf Ovídio e SECIL Tróia; EDP Sf Ovídio e Qualar Fernando Pó; EDP Sf Ovídio e EDP Praia do Sado cujas correlações são moderadas. Possuem relação estatisticamente significativas.

No todo a correlação neste poluente é alta e com resultados estatisticamente significativos.

#### 2.4.8 Análise das Correlações das Redes de Monitorização quanto ao poluente: $SO_2$

**Tabela 3-XVI**– Correlações das Redes de Monitorização do  $SO_2$

	Qualar Quebedo	Qualar Fernando Pó	SECIL HOSO	SECIL Murteira	SECIL Tróia	SECIL São Luís	EDP Sf Ovídio	EDP Subestação	EDP Praias do Sado	
Qualar Quebedo	1 p= ---	0,0552 p=0,000	0,0329 p=0,005	-0,0169 p=0,150	0,0121 p=0,303	0,1477 p=0,00	0,0395 p=0,001	0,0805 p=0,000	0,0165 p=0,160	Correlaç. Signif.
Qualar Fernando Pó	0,0552 p=0,000	1 p= ---	-0,0142 p=0,226	0,0328 p=0,005	0,0006 p=0,961	0,0663 p=0,000	0,0557 p=0,000	0,117 p=0,00	-0,0127 p=0,278	Correlaç. Signif.
SECIL HOSO	0,0329 p=0,005	-0,0142 p=0,226	1 p= ---	-0,4162 p=0,00	0,4707 p=0,00	0,1196 p=0,00	0,0034 p=0,773	-0,138 p=0,00	-0,0658 p=0,000	Correlaç. Signif.
SECIL Murteira	-0,0169 p=0,150	0,0328 p=0,005	-0,4162 p=0,00	1 p= ---	-0,3186 p=0,00	0,0481 p=0,000	0,0736 p=0,000	0,0329 p=0,005	0,0654 p=0,000	Correlaç. Signif.
SECIL Tróia	0,0121 p=0,303	0,0006 p=0,961	0,4707 p=0,00	-0,3186 p=0,00	1 p= ---	0,1506 p=0,00	-0,1058 p=0,00	-0,1376 p=0,00	-0,2023 p=0,00	Correlaç. Signif.
SECIL São Luís	0,1477 p=0,00	0,0663 p=0,000	0,1196 p=0,00	0,0481 p=0,000	0,1506 p=0,00	1 p= ---	0,1183 p=0,00	0,1152 p=0,00	-0,0879 p=0,000	Correlaç. Signif.
EDP Sf Ovídio	0,0395 p=0,001	0,0557 p=0,000	0,0034 p=0,773	0,0736 p=0,000	-0,1058 p=0,00	0,1183 p=0,00	1 p= ---	0,3465 p=0,00	-0,102 p=0,000	Correlaç. Signif.
EDP Subestação	0,0805 p=0,000	0,117 p=0,00	-0,138 p=0,00	0,0329 p=0,005	-0,1376 p=0,00	0,1152 p=0,00	0,3465 p=0,00	1 p= ---	0,0406 p=0,001	Correlaç. Signif.
EDP Praias do Sado	0,0165 p=0,160	-0,0127 p=0,278	-0,0658 p=0,000	0,0654 p=0,000	-0,2023 p=0,00	-0,0879 p=0,000	-0,102 p=0,000	0,0406 p=0,001	1 p= ---	Correlaç. Signif.

O resultado das Correlações entre as estações de monitorização de  $\text{SO}_2$ , demonstram muitas estações não sendo estatisticamente significativas entre si. São elas: Qualar Quebedo e SECIL Murteira; Qualar Quebedo e SECIL Tróia; EDP Praias do Sado e Quala; Quebedo; Qualar Fernando Pó e SECIL Tróia; Qualar Fernando Pó e SECIL Hoso; SECIL Hoso e EDP Sf Ovídio; Uma hipótese é que devido a distância entre estas estações as diversas fontes deste poluente devem não atingir a todas estações. Conseguiremos estudar isto melhor nos gráficos de Rosa de Poluentes.

Têm uma moderada correlação entre EDP Sf Ovídio e EDP Subestação; SECIL Hoso e SECIL Tróia, pois  $r$  está entre:  $0,3 < r < 0,6$ , logo a correlação é positiva moderada. São estatisticamente significativas.

Têm uma moderada correlação entre SECIL Hoso e SECIL Murteira; SECIL Murteira e SECIL Tróia pois  $r$  está entre:  $-0,6 < r < -0,3$ , logo a correlação é negativa moderada. São estatisticamente significativas.

Diversas correlações entre estações que possuem uma correlação negativa fraca, a estar o  $r$  entre:  $-0,3 < r < 0,0$ ; sendo estas: a SECIL Hoso e EDP Subestação; a SECIL Hoso e EDP Praias do Sado; SECIL Tróia e EDP Sf Ovídio; SECIL Tróia e EDP Subestação; SECIL Tróia e EDP Praias do Sado; SECIL São Luís e EDP Praias do Sado; EDP Sf Ovídio e EDP Praias do Sado.

Na correlação positiva fraca, a estar  $r$  entre:  $0,0 < r < 0,3$ . Estão neste intervalo o resto das estações o que nomeadamente é a maioria. Sendo estas estatisticamente significativas.

## Considerações Finais

O objetivo deste trabalho foi estudar a qualidade do ar na região de Setúbal e identificar as principais fontes de emissão de poluentes atmosféricos. Este documento pretendeu dar uma visão generalizada da qualidade do ar na região de Setúbal mas também ser um primeiro passo para um estudo mais aprofundado.

Os modelos no receptor distinguem-se dos modelos de dispersão, por se basearem na análise dos níveis de poluentes no receptor, sendo o seu objetivo estimar as fontes emissoras, a sua composição e a sua contribuição para os níveis de poluentes observados. Nos modelos multivariáveis não é necessário um conhecimento da composição das fontes emissoras nem das transformações químicas ocorrentes na atmosfera. Apesar disso, estes modelos não só determinam as contribuições de cada fonte, como também as caracterizam em termos de composição química, possibilitando também a detecção de fontes secundárias. Para detectar os diferentes grupos de fontes, os modelos no receptor utilizam apenas as correlações observadas entre os diversos constituintes de um número elevado de amostras, que caracterizam um dado meio receptor num intervalo de tempo significativo. Este método baseia-se no pressuposto de que a variabilidade detectada nas concentrações relativas aos constituintes das amostras deriva de variações na contribuição das fontes responsáveis pela poluição.

Considerando a vantagem reconhecida, tanto nos modelos de dispersão como no receptor, para a identificação da contribuição de fontes emissoras, será um passo natural para o desenvolvimento futuro deste trabalho a sua utilização. Ao fazer um levantamento das principais fontes de emissão e de dados meteorológicos na região de Setúbal, este trabalho contribui para a execução de modelos de dispersão a realizar futuramente, ao exemplo nomeadamente dos pesquisadores ITN.

No decorrer deste trabalho de mestrado participei na recolha de partículas de aerossóis atmosféricos na zona industrial da Mitrena e na zona urbana de Setúbal. Estas partículas estão presentemente a ser analisadas quimicamente pela Análise por Ativação com Neutrões no Reator Português de Investigação com o objetivo de recorrer aos modelos de receptor para uma melhor identificação de fontes emissoras. No entanto, por este método

se basear na variabilidade das concentrações elementares nas partículas atmosféricas de um grande número de amostras, torna-se muito demorado. Deste modo, não foi possível apresentar os resultados relativos aos modelos no receptor no âmbito desta tese.

Este estudo contribuiu também para estabelecer uma base de trabalho que actualmente está a ser utilizada na análise de correlações entre as concentrações de poluentes atmosféricos e as admissões hospitalares na região de Setúbal. Este trabalho é de grande importância uma vez que está comprovada a existência de uma relação inequívoca entre a qualidade do ar e a saúde.

## Conclusão

A região de Setúbal apresenta características muito próprias no que se refere às suas actividades económicas, património natural e aos impactes que o ambiente pode ter na população local, destacando-se assim do restante contexto nacional.

Em Setúbal coexiste uma região urbana, com elevada densidade populacional, áreas protegidas, como o estuário do Sado e a Arrábida, uma zona portuária, estações de tratamento de resíduos e a indústria. Devido às características das unidades industriais instaladas na região, das quais se destacam uma central termoeléctrica, uma cimenteira, uma fábrica de pasta de papel e indústrias de produção de fertilizantes e adubos, existem importantes emissões de poluentes atmosféricos.

Neste contexto, e por forma a proteger a população e os ecossistemas, é essencial monitorizar e avaliar as emissões de poluentes atmosféricos efectuadas pelas indústrias locais e a qualidade do ar ambiente nesta região.

Neste trabalho foi efectuado um levantamento das principais fontes de poluentes existentes na região de Setúbal e das suas emissões e foram analisadas as concentrações dos poluentes CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> e SO<sub>2</sub> medidos nas estações de monitorização da qualidade do ar localizadas na região de Setúbal.

Verificou-se que o Índice da Qualidade do Ar desta região tem melhorado desde o ano de 2002 e que com excepção do O<sub>3</sub>, a concentração de todos os poluentes tem vindo a diminuir. Esta diminuição da concentração de poluentes deve-se provavelmente à implementação de tecnologias mais limpas na indústria, ao desenvolvimento de veículos menos poluentes e, nos últimos anos ao cenário de crise que tem implicado a diminuição da produção e o encerramento de algumas unidades na região de estudo.

No ano de 2010, as concentrações de O<sub>3</sub> em todas as estações ultrapassaram o valor limite estabelecido pela legislação e na estação de monitorização denominada por Subestação, verificou-se que o valor limite de NO<sub>x</sub> foi igualmente excedido. Para as restantes estações e poluentes não se verificou incumprimento. Apesar das fortes emissões de poluentes atmosféricos na região verifica-se que, com excepção do O<sub>3</sub>, os níveis de quali-

dade do ar são aceitáveis, muito devido às condições meteorológicas locais que promovem a dispersão dos poluentes.

A variação horária dos poluentes indicou uma forte associação do CO, óxidos de azoto e partículas ao tráfego automóvel. Estes poluentes apresentaram dois picos diários associados ao aumento da circulação de veículos. A variação das concentrações horárias de O<sub>3</sub> mostrou que os níveis deste poluente estão directamente relacionados com a presença de luz, apresentando valores mais reduzidos à noite. Isto deve-se ao fato deste ser um poluente secundário que não é emitido directamente para a atmosfera tendo a sua produção lugar quando o oxigénio e os seus precursores (COVs e óxidos de azoto) reagem sob a ação da luz solar.

O estudo da variação sazonal das concentrações de poluentes mostrou que as concentrações mais elevadas de CO, NO, NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> foram registadas no meses mais frios, provavelmente devido ao fato de durante o inverno haver um maior consumo de combustíveis para a produção de energia e calor e, consequentemente, maiores emissões de poluentes. Em relação ao PM<sub>10</sub> e ao ozono assistiu-se a um comportamento contrário em que as concentrações foram superiores nos meses mais quentes. No caso das partículas este fato é explicado pela diminuição da humidade e aumento da ressuspensão no verão. Em relação ao O<sub>3</sub> este comportamento deve-se ao fato da produção deste poluente estar directamente relacionada com a presença da luz e com a existência dos seus precursores.

A integração dos dados referentes à direção do vento e dos poluentes atmosféricos permitiu identificar a contribuição de diferentes fontes para cada estação de amostragem. Verificou-se que a direção do vento predominante é do 4º quadrante e ao mesmo tempo que, em geral, as concentrações de poluentes diminuíram para este setor de ventos, uma vez que esta condição promove o transporte de massas de ar mais limpas provenientes do oceano e uma maior diluição dos poluentes. Esta é uma enorme vantagem para a qualidade do ar em Setúbal.

Identificou-se também uma provável contribuição da cimenteira, das indústrias localizadas a noroeste na região de Palmela para as concentrações dos poluentes CO, óxidos de azoto e partículas. O tráfego de automóvel teve igualmente um papel importante para as concentrações destes poluentes essencialmente no centro de Setúbal.

Deste modo, uma melhoria da qualidade do ar deverá passar pelo controlo do tráfego de automóvel, promovendo a utilização do transporte público, e a adoção de tecnologias mais limpas na indústria.

## Referências Bibliográficas

- APA (2006). *Alocação especial de emissões em 2003*. Agência Portuguesa de Ambiente [APA].
- APA (2010). *Manual de Métodos e Procedimentos Operativos da Redes de Monitorização da Qualidade do Ar – Amostragem e Análise*. Agência Portuguesa de Ambiente [APA].
- APA (2011a). *Emissões de Poluentes Atmosféricos por Concelho 2009: Gases acidificantes e eutrofizantes, precursores de ozono, partículas, metais pesados e gases com efeito de estufa*. Agência Portuguesa de Ambiente [APA].
- APA (2011b). *Dados do Relatório do Estado do Ambiente, 2011, formato Excel*. Agência Portuguesa de Ambiente [APA].
- Agência Portuguesa de Ambiente [APA]. *Qualar – Base de dados On-line sobre a qualidade do ar* [Em linha]. [Consult. 03 Jan. 2012]. Disponível em [www:<URL:: www.qualar.org](http://www.qualar.org)
- Administração dos Portos de Setúbal e Sesimbra, SA. [APSS]. *PRESS KIT*. [Em linha]. Setúbal [Consult. 12 Nov. 2011]. Disponível em [www:<URL: http://www.portodesetubal.pt/](http://www.portodesetubal.pt/)
- Araújo, R.P. G. (2008). *Monitoração da qualidade do ar na envolvente de indústrias cimenteiras – Caso de estudo da fábrica SECIL-Outão*. Dissertação de grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Almeida, S.M. (2004). *Composição e origem do aerossol atmosférico em zona urbano-industrial. Tese de doutoramento*. Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
- Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal [AICEP]. *Global Parques. BlueBiz*. [Em linha]. [Consult. 10 Jun. 2012]. Disponível em [www:<URL: http://www.globalparques.pt/parquesempresariais.php](http://www.globalparques.pt/parquesempresariais.php)



- Câmara Municipal de Setúbal. (2011). *Setúbal é mundo de oportunidades*. [Em linha]. Setúbal [Consult. 11 Nov. 2011]. Disponível em  
www:<URL:[http://www.mun-setubal.pt/temps/paginas\\_tematicas/04\\_10\\_12\\_26\\_dossierinvestimentoconcelho.pdf](http://www.mun-setubal.pt/temps/paginas_tematicas/04_10_12_26_dossierinvestimentoconcelho.pdf)
- Câmara Municipal de Setúbal. (2012). *Páginas Temáticas - Investidor*. [Em linha]. Setúbal [Consult. 6 Jun. 2012]. Disponível em  
www:<URL: <http://www.mun-setubal.pt/pt/pagina-tematica/investidor/83>
- Carslaw, D.C., & K. Ropkins. (2011). *Open-source tools for analyzing air pollution data*. Environmental Research Group, King's College London.
- Carvalho, A. O.M., & Freitas, MC. (2010). *Poluentes e nutrientes – Generalidades e fatos relevantes*. Aveiro: Eudito.
- Core, J. E. (1981). *Overview of receptor model application to particulate source apportionment*. Receptor Model Technical Series, Vol. 1. EPA-450/4-81-016A- U.S. Environ. Prot. Agency.
- Direção Geral do Ambiente [DGA]. (2000). *Relatório do Estado do Ambiente, 1999*. Direção Geral do Ambiente. Duchiade, M.P. (1992). Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão. *Caderno de Saúde Pública*, v. 8, n.3, Jul/Set.
- European Environment Agency. (2012a). EIONET XML Services. *Annex I Activity Codes – Definition of Annex I activities according to Regulation 166/2006 Annex I*. [Em linha]. [Consult. 10 Jun. 2012]. Disponível em  
www:<URL:[http://converters.eionet.europa.eu/xmlfile/EPRTTR\\_AnnexIActivityCode\\_1.xml](http://converters.eionet.europa.eu/xmlfile/EPRTTR_AnnexIActivityCode_1.xml)
- European Environment Agency. (2012b). EIONET XML Services. *European Commission E-PRTR Code Lists*. [Em linha]. [Consult. 10 Jun. 2012]. Disponível em  
www:<URL: <http://www.eionet.europa.eu/schemas/eprtr/listOfValues>
- E-PRTR. The European Pollutant Release and Transfer Register. *Map search* [Em linha]. [Consult. 12 Jun. 2012]. Disponível em  
www:<URL: <http://prtr.ec.europa.eu/MapSearch.aspx>
- Gomes J. (2001). *Poluição Atmosférica. Um manual universitário*. Porto: Publinústria.

- Gomes, C. S. F. (2011). *Modelação da contribuição do tráfego automóvel para qualidade do ar em zona industrial*. Dissertação de grau de Mestre em Engenharia Química. Departamento de Engenharia Química do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa. Portugal.
- Guttikunda, S., & Gurjar, B. (2011). Role of meteorology in seasonality of air pollution in megacity Delhi, India. *Environmental monitoring and assessment*, 184(5), 3199 – 3211.
- Hashim, J.H., Pillay, M.S., Hashim, Z., Shamsudin, S.B., Sinha, K., Zulkifli, Z.H., (2004). A study of Health Impact and Risk Assessment of Urban Air Pollution in the Klang Valley, Malaysia. A research project report provided by WHO - Western Pacific Regional Office. [Em linha]. [Consult. Setembro 2012]. Disponível em: [www:<URL:http://www.airimpacts.org/documents/local/UKMreport.pdf](http://www.airimpacts.org/documents/local/UKMreport.pdf).
- Jo, W.K., Yoon, I.H., & Nam, C. W. (1999). Analysis of air pollution in two major Korean cities: trends, seasonal variations, daily 1-hour maximum versus other hour-based concentrations, and standard exceedances. *Environmental Pollution*, 110(1), 11 – 18.
- Kalabokas, P.D., Bartzis, J.G., & Papagiannakopoulos, P. (2002). Atmospheric levels of nitrogen oxides at a Greek oil refinery compared with the urban measurements in Athens. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2, 703-716.
- Larssen, S., Sluyter, R., & Helmis, C. (1999). *Criteria for EUROAERNET – The EEA air quality monitoring and information network*. [Em linha]. [Consult. 05 Out. 2011]. Copenhagen. Disponível em: [www:<URL:http://reports.eea.europa.eu/TEC12/en/tech12.pdf](http://reports.eea.europa.eu/TEC12/en/tech12.pdf)
- Maurezall, D. L. e Wang, X. (2004). *Science, Technology and Environmental Policy Program*. Woodrow Wilson School of Public and International Affairs, Princeton University, USA.
- Martins, C. M. (2001). Emissões de NOx e partículas de uma fornalha semi- industrial a fuelóleo. Projecto de Termodinâmica Aplicada. Departamento de Engenharia Mecânica. Instituto Superior Técnico.

- Morrison, R.P., Leslie, L.M., Speer, M.S. (2002). Atmospheric modeling of air pollution as a tool for environmental prediction and management. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 80, 141-151.
- Monarca, S., Ferretti, D., Zanardini, A., Falistocco, E., & Nardi, G. (1999). Monitoring of mutagens in urban air sample. *Mutation Research*, Amsterdam, 426(2), 189-192.
- Monteiro, A. C. (2010). *Procedimento de Garantia e Controlo de Qualidade para a Previsão da Qualidade do Ar*. Dissertação de grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
- Monteiro, A. (2007). *Desenvolvimento de um sistema de avaliação e previsão da qualidade do ar para Portugal*. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
- Nguyen, H. T., & Kim, K.H. (2006). Comparison of spatiotemporal distribution patterns of NO<sub>2</sub> between four different types of air quality monitoring stations. *Chemosphere*, 65(2), 201-212.
- Paatero P. & Hopke P.K. (2002). Utilizing wind direction and wind speed as independent variables in multilinear receptor modeling studies. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 60, 25-41.
- Pacyna, J.M., Scholtz, M.T., & Li, Y.-F. (1995). Global budget of trace metal sources. *Environmental Reviews*, 3(2), 145-159.
- Poirot R.L., Wishinski P.R., Hopke P.K., & Polissar A.V. (2001). Comparative application of multiple receptor methods to identify aerosol sources in Northern Vermont, *Environmental Science & Technology* 35, 4622-4636.
- Polissar A.V., Hopke P.K., & Poirot R.L. (2001). Atmospheric aerosol over Vermont: Chemical composition and sources, *Environmental Science & Technology* 35, 4604-4621.
- Rangel, M. C., & Carvalho, M. (2003). Impacto dos catalisadores automotivos no controle da qualidade do ar. *Química Nova*, 26(2), 265-277.
- Ribeiro, I. (2008). *Análise da Previsão da Qualidade do Ar em Portugal Continental durante 2007 – 2008*. Tese de Mestrado. Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

- Sillman, S. (1999). The relation between ozone, NO<sub>x</sub> and hydrocarbons in urban and polluted rural environments. *Atmosphere Environment*, 33, 1821–1845.
- Setúbal na REDE. *Níveis de poluição atmosférica em Setúbal não são preocupantes* [Em linha]. Setúbal [Consult. 10 Jun. 2012]. Disponível em [www:<URL:http://www.setubalnardede.pt/content/index.php?action=articlesDetailFo&rec=3230](http://www.setubalnardede.pt/content/index.php?action=articlesDetailFo&rec=3230)
- Sousa, P.M. (2008). *Simulação da Qualidade do ar para Portugal com o modelo TAPM*. Dissertação de grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
- Stern, Arthur C. (1968). *Air Pollution*. National Center for Air Pollution Control United States Department of Health, Education, and Welfare Washington, D.C.
- United States Environmental Protection Agency – USEPA. (1998). *How nitrogen oxides affect the way we live and breathe*, Office of Air Quality Planning and Standards, Washington DC (Publication EPA-456/F-98-005).
- Vallero, D. (2008). *Fundamentals of Air Pollution* (4th ed.). Academic Press: North Carolina.
- Vecchi, R., Marazzan, G., & Valli, G. (2006). A study on nighttime-daytime PM<sub>10</sub> concentration and elemental composition in relation to atmospheric dispersion in the urban area of Milan (Italy). *Atmosphere Environment*, 41(10), 2136-2144.
- Venegas, L. E., & Mazzeo, N. A. (2006). Air quality monitoring network design to control PM<sub>10</sub> in Buenos Aires city. *Latin American Applied Research*, 36(4), 241-247.
- World Bank Group – WBG. (1998). *Pollution Prevention and Abatement Handbook, 1998: toward cleaner production*. Washington DC: Author.
- WHO - World Health Organization. (1979). *Sulphur oxides and suspended particulate matter*. Geneva: Author.
- WHO - World Health Organization. (2000). Chapter 7.3 *Particulate matter, Air Quality Guidelines* – (2nd ed.) Regional Office for Europe, Copenhagen: Author.

## **Anexos**

## **Índice de Anexos**

**Anexo I** – Investimentos Relevantes no Concelho de Setúbal

**Anexo II** – Dados Completos das Empresas Estudadas

**Anexo III** – Limites de Acordo com o Decreto-Lei nº 102/2010 de 23 de Setembro

**Anexo IV** – Dados da Tese

## ANEXO I

## INVESTIMENTOS RELEVANTES NO CONCELHO DE SETÚBAL

Empresa	Área de Atividade	Área Bruta de Construção (m2)	N.º Postos de Trabalho	Investimento (Mi €)	Estado da Obra	Freguesia
<b>Recheio Cash &amp; Carry</b>	Comércio	4.947	50	1.3	Executado	S. Sebastião
<b>Media Market</b>	Comércio	7.630	50	2.5	Executado	S. Sebastião
<b>Modelo/Worten /Modalfa</b>	Comércio	3.000	150 Diretos	1.5	Executado	S. Sebastião
<b>LIDL</b>	Comércio	2.000	42	1	Executado	S. Sebastião
<b>Intermarché</b>	Comércio	10.000	220	2.7	Executado	S. Sebastião
<b>Portucel</b>	Fábrica Pasta de Papel	119.818	451	50	Executado	Sado
<b>Decathlon</b>	Comércio	38.530	420 Diretos +500 Indiretos	23.2	Em execução Conclusão estimada 4º trimestre de 2012	S. Sebastião
<b>Santa Casa Misericórdia– Unid. Assistencial de Saúde e Alojamento</b>	Serviços	15.000	150	9	Em execução Conclusão estimada 4º trimestre de 2012	S. Lourenço
<b>Clinica Tiagos</b>	Habitação, Comércio e Serviços	5.600	60	3	Em execução Conclusão Mapas radiais referentes à concentração de poluentes o estimada 3º trimestre de 2012	S. Julião
<b>Imoretalho, S.A</b>	Comércio	2.326	30	1.25	Fase de licenciamento	S. Simão
<b>Fórum Setúbal</b>	Comércio	60.000 + 60.000 caves de estacionamento	1200 Diretos + 600 Indiretos	120	Fase de licenciamento	S. Sebastião
<b>Hospital Cirúrgico</b>	Serviços	3.000	40	2	Fase de licenciamento	S. Sebastião
<b>Allegro</b>	Comércio e Serviços	52.000+80.000 caves de estacionamento	1000 Diretos + 500 Indiretos	70	Em apreciação	S. Sebastião
<b>AGEIRON – Edifício Multiusos</b>	Comércio e Serviços	29.542	200	38	Em apreciação	S. Sebastião

Fonte: Câmara Municipal de Setúbal.(2011)

## ANEXO II

### DADOS COMPLETOS DAS EMPRESAS ESTUDADAS

#### 2.4.9 <sup>1</sup>SECIL Outão

Nome: SECIL-Companhia Geral de Cal e Cimento, SA  
Facility: Fábrica Secil - Outão  
Endereço: Outão - Apartado 71 Outão ..., 2901-864, Setúbal  
País: Portugal  
Região: Setúbal  
Região hidrográfica: Sado e Mira  
Atividade (NACE<sup>2</sup>): 23.5.1 Fabricação de cimento

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code <sup>3</sup>
Atividades Principais	
-Clínquer de cimento em fornos rotativos	3.(c).(i)
Atividades Adicionais	
-Valorização ou eliminação de resíduos perigosos	5.(a)
-Incineração de resíduos não perigosos da Diretiva 2000/76/EC – incineração de resíduos	5.(b)
-Mineração a céu aberto e pedreiras	3.(b)

<sup>1</sup> Dados colhidos no E-PRTR, 2012. Com informações relativas ao ano de 2010.

<sup>2</sup> NACE-Codes (União Europeia) e CAE (Portugal)

<sup>3</sup> IPPC-Code, Base do **European Commission E-PRTR Code List**

<http://www.eionet.europa.eu/schemas/eprtr/listOfValues>



## Poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Monóxido de Carbono (CO)	2.230 t	0	0 %	Medido	Outros, metodologia de medição / outras medidas.
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	1.330.000 t	0	0 %	Calculado	ETS Guidelines, the Emission Trading Scheme. Cálculos para a monitorização e comunicação das emissões de gases de efeito estufa no âmbito do regime de comércio de emissões.
Óxidos de Azoto (NO <sub>x</sub> /NO <sub>2</sub> )	2.090 t	0	0 %	Medido	Outros, metodologia de medição / outras medidas.
Partículas em suspensão (PM <sub>10</sub> )	65,3 t	0	0 %	Estimado	Outros

Fonte: E-PRTR; 2012

## Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

Ano	Monóxido de Carbono (CO)
2001	2.450 t
2004	3.150 t
2007	2.280 t
2008	2.820 t
2009	2.140 t
2010	2.230 t

Fonte: E-PRTR;  
2012

Ano	Óxidos de Azoto (NO <sub>x</sub> / NO <sub>2</sub> )
2001	2.890 t
2004	3.550 t
2007	1.710 t
2008	2.590 t
2009	2.320 t
2010	2.090 t

Fonte: E-PRTR; 2012

Ano	Partículas em Suspensão (PM <sub>10</sub> )
2001	82,4 t
2004	143 t
2007	72,1 t
2008	68,2 t
2009	62,0 t
2010	65,3 t

Fonte: E-PRTR; 2012

### 2.4.10 ETAR Setúbal

Nome: Águas do Sado, S.A.

Facility: ETAR de Setúbal

Endereço: Rua Principal das Praias do Sado S/N, 2910-857, SETÚBAL

País: Portugal

Região: Setúbal

Região hidrográfica: Sado e Mira

Atividade (NACE): 36.00 Captação, tratamento e distribuição de água

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
- Estações de tratamento de águas residuais urbanas	5.(f)

Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

- Nada Relatado

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Nada Relatado

### 2.4.11 EDP Setúbal

Nome: EDP - Gestão de Produção de Energia, S.A.

Facility: Central Termoelétrica de Setúbal

Endereço: Rua Principal das Praias do Sado .., 2910-857, SETÚBAL

País: Portugal

Região: Setúbal

Região hidrográfica: Sado e Mira

Atividade (NACE): 35.11 Produção de eletricidade

Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Centrais térmicas e outras instalações de combustão	1.(c)

Tabela de poluentes emitidos ao ar no ano base 2010

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Níquel e compostos (Ni)	98,3 kg	0	0 %	Calculado	Escala Europeia SSC – Método de cálculo específico.

Fonte: E-PRTR; 2012

Histórico da produção de poluentes emitidos a atmosfera:

- Não Relatado o histórico dos poluentes: *CO*, *NO*, *NO<sub>2</sub>*, *NO<sub>x</sub>*, *O<sub>3</sub>*, *PM<sub>10</sub>*, *PM<sub>2,5</sub>* e *SO<sub>2</sub>*.

### 2.4.12 CITRI

Nome: CITRI - Centro Integrado de Tratamento de Resíduos Industriais, S.A.

Facility: Centro Integrado de Tratamento de Resíduos Industriais Não Perigosos de Setúbal

Endereço: Av. Rio Guadiana, Lt 1 - Parque Industrial Sapec Bay .., 2901-453, Setúbal

País: Portugal

Região: Setúbal

Região hidrográfica: Sado e Mira

Atividade (NACE): 38.21 Tratamento e eliminação de resíduos não perigosos

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Aterros	5.(d)

#### Tabela de poluentes emitidos ao ar no ano base 2010

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Metano (CH <sub>4</sub> )	745 t	0	0 %	Calculado	Escala Europeia SSC – Método de cálculo específico.

Fonte: E-PRTR; 2012

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Não Relatado o histórico dos poluentes: *CO*, *NO*, *NO<sub>2</sub>*, *NO<sub>x</sub>*, *O<sub>3</sub>*, *PM<sub>10</sub>*, *PM<sub>2,5</sub>* e *SO<sub>2</sub>*.

#### 2.4.13 SAPEC

Nome: SAPEC QUÍMICA, S.A.

Facility: SAPEC QUÍMICA, S.A - Setúbal

Endereço: Parque Industrial "Sapec Bay" Herdade das Praias, 2901-902, SETÚBAL

País: Portugal

Região: Setúbal

Região hidrográfica: Sado e Mira

Atividade (NACE): 46.75 Comércio por grosso de produtos químico

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Sais	4.(b).(iv)

#### Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

- Nada Relatado

Histórico da produção de poluentes:

- Nada Relatado

#### 2.4.14 Lisnave

Nome: Lisnave - Estaleiros Navais, S.A.

Facility: Lisnave - Estaleiros Navais, SA - Estaleiro da Mitrena

Endereço: Apartado 135, 2901-901, Setúbal

País: Portugal

Região: Setúbal

Região hidrográfica: Sado e Mira

Atividade (NACE): 33.15 Reparação e manutenção de embarcações

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Instalações de tratamento de superfície de substâncias, objetos ou produtos que utilizem solventes orgânicos, nomeadamente para operações de preparação, impressão, revestimento, desengorduramento, impermeabilização, colagem, pintura, limpeza ou impregnação	9.(c)
Atividades Adicionais	
-Instalações para a construção de, e pintura ou decapagem de navios	9.(e)

#### Tabela de poluentes emitidos ao ar no ano base 2010

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Compostos orgânicos voláteis sem metano. (NMVOC)	442 t	0	0 %	Calculado	MAB método de balanço de massa com o aceite de autoridade competente.

Fonte: E-PRTR; 2012

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Não Relatado o histórico dos poluentes: *CO*, *NO*, *NO<sub>2</sub>*, *NO<sub>x</sub>*, *O<sub>3</sub>*, *PM<sub>10</sub>*, *PM<sub>2,5</sub>* e *SO<sub>2</sub>*.

#### 2.4.15 Portucel

Nome: Portucel - Empresa Produtora de Pasta e Papel, S.A.

Facility: Complexo Industrial de Setúbal da Portucel

Endereço: Zona Industrial de Mitrena Apartado 55, 2910-738, Setúbal

País: Portugal

Região: Setúbal

Região hidrográfica: Sado e Mira

Atividade (NACE): 17.11 Fabricação de pasta

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Plantas industriais para a produção de pasta de papel a partir de madeira ou de outras matérias fibrosas	6.(a)
Atividades Adicionais	
-Instalações de gaseificação e liquefação	1.(c)
-Aterros	5.(d)
-As instalações industriais para a produção de papel e cartão e outros produtos de madeira primários	6.(b)

#### Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Arsénio e seus compostos (como As)	33,8 kg	0	0 %	Calculado	Escala Europeia SSC – Método de cálculo específico.

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Cádmio e seus compostos (como Cd)	98,4 kg	0	0 %	Calculado	Escala Europeia SSC – Método de cálculo específico.
Compostos de cloro e inorgânicos (HCl)	46,2 t	0	0 %	Calculado	Outros, metodologia de medição / outras medidas.
Monóxido de Carbono (CO)	1.870 t	0	0 %	Medido	Outros, metodologia de medição / outras medidas.
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	1.460.000 t	0	0 %	Calculado	ETS Guidelines, the Emission Trading Scheme. Cálculos para a monitorização e comunicação das emissões de gases de efeito estufa no âmbito do regime de comércio de emissões.
Cobre e seus compostos (Cu)	102 kg	0	0 %	Calculado	Escala Europeia SSC, a escala europeia do setor, método de cálculo específico
Hidroclorofluorcarbonos (HCFC)	22,1 kg	22,1 kg	1000 %	Estimado	Outros.
Hidro-fluorcarbonos (HFCs)	436 kg	436 kg	1000 %	Estimado	Outros.
Mercúrio e seus compostos (Hg)	25,3 kg	0	0 %	Calculado	Escala Europeia SSC, a escala europeia do setor, método de cálculo específico
Óxidos Nitroso (N <sub>2</sub> O)	39,2 t	0	0 %	Calculado	UNECE/EMEP Guião de inventário de emissão
Amônia (NH <sub>3</sub> )	139 t	0	0 %	Calculado	Outros, a escala europeia do setor, método de cálculo específico
Níquel e seus compostos (Ni)	469 kg	0	0 %	Calculado	Escala Europeia SSC, a escala europeia do setor, método de cálculo específico
Compostos orgânicos voláteis sem metano. (NMVOC)	305 t	0	0 %	Calculado	Outros, a escala europeia do setor, método de cálculo específico
Óxidos de Azoto (NO <sub>x</sub> /NO <sub>2</sub> )	1.160 t	0	0 %	Medido	Outros, metodologia de medição / outras medidas.
PCDD + PCDF (dioxinas + furanos) (Teq)	0,504 g	0	0 %	Calculado	Escala Europeia SSC, a escala europeia do setor, método de cálculo específico
Partículas em suspensão (PM <sub>10</sub> )	478 t	0	0 %	Medido	Outros, metodologia de medição / outras medidas.
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs)	185 kg	0	0 %	Calculado	Escala Europeia SSC, a escala europeia do setor, método de cálculo específico
Óxidos de Enxofre (SO <sub>x</sub> /SO <sub>2</sub> )	162 t	0	0 %	Medido	Outros, metodologia de medição / outras medidas.



Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Triclorometano	4,97 t	0	0 %	Calculado	Outros, metodologia de medição / outras medidas.
Zinco e compostos (Zn)	916 kg	0	0 %	Calculado	Escala Europeia SSC, a escala europeia do setor, método de cálculo específico

Fonte: E-PRTR; 2012

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

Ano	Monóxido de Carbono (CO)
2001	1.670 t
2004	1.420 t
2007	1.490 t
2008	1.600 t
2009	1.870 t
2010	1.670 t

Fonte: E-PRTR; 2012

Ano	Óxidos de Azoto (NOx / NO2)
2001	744 t
2004	814 t
2007	955 t
2008	839 t
2009	983 t
2010	1.160 t

Fonte: E-PRTR; 2012

Ano	Óxidos de Enxofre (SOx / SO2)
2001	1,060 t
2004	531 t
2007	197 t
2008	166 t
2009	198 t
2010	162 t

Fonte: E-PRTR; 2012

Ano	Partículas em Suspensão (PM <sub>10</sub> )
2001	548 t
2004	484 t
2007	241 t
2008	267 t
2009	276 t
2010	478 t

Fonte: E-PRTR; 2012

**2.4.16 SPCG**

Nome: SPCG - Sociedade Portuguesa de Cogeração Elétrica, SA  
 Facility: SPCG - Sociedade Portuguesa de Cogeração Elétrica, SA  
 Endereço: Zona Industrial de Mitrena Apartado 55, 2910-738, Setúbal  
 País: Portugal  
 Região: Setúbal  
 Região hidrográfica: Sado e Mira  
 Atividade (NACE): 35.11 Produção de eletricidade

**Quadro de Atividades Industriais**

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Centrais térmicas e outras instalações de combustão	1.(c)

**Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010**

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	243.000 t	0	0 %	Calculado	ETS Guidelines, the Emission Trading Scheme. Cálculos para a monitorização e comunicação das emissões de gases de efeito estufa no âmbito do regime de comércio de emissões.
Óxidos de Azoto (NO <sub>x</sub> /NO <sub>2</sub> )	243 t	0	0 %	Medido	Outros, metodologia de medição / outras medidas.

Fonte: E-PRTR; 2012

**Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:**

Ano	Óxidos de Azoto (NO <sub>x</sub> / NO <sub>2</sub> )
2009	226 t
2010	243 t

Fonte: E-PRTR; 2012

#### 2.4.17 Omya

Nome: OMYA COMITAL, Minerais e Especialidades, SA

Facility: Omya Comital Minerais e Especialidades S.A.

Endereço: Apartado 86 Instalações Fabris da Portucel - Fábrica de Papel - Mitrena, 2901-901

País: Portugal

Região: Setúbal

Região hidrográfica: Sado e Mira

Atividade (NACE): 20.59 Fabricação de outros produtos químicos, n.e.

##### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Sais	4.(b).(iv)

Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

- Nada Relatado

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Nada Relatado

### 2.4.18 Portucel Soporcel

Nome: PORTUCELSOPORCEL Cogeração de Energia, S.A.

Facility: PORTUCELSOPORCEL Cogeração de Energia, S.A.

Endereço: Pólo Industrial da Portucel, Mitrena, Apartado 55 Portugal, 2910-738, Setúbal

País: Portugal

Região: Setúbal

Região hidrográfica: Sado e Mira

Atividade (NACE): 35.11 Produção de eletricidade

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Centrais térmicas e outras instalações de combustão	1.(c)

#### Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Níquel e seus compostos (Ni)	103 kg	0	0 %	Calculado	Escala Europeia SSC, a escala europeia do setor, método de cálculo específico
Óxidos de Azoto (NO <sub>x</sub> /NO <sub>2</sub> )	137 t	0	0 %	Medido	Outros, metodologia de medição / outras medidas.
Óxidos de Enxofre (SO <sub>x</sub> /SO <sub>2</sub> )	325 t	0	0 %	Medido	Outros, metodologia de medição / outras medidas.

Fonte: E-PRTR; 2012

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

Ano	Óxidos de Azoto (NO <sub>x</sub> / NO <sub>2</sub> )
2004	1.180 t
2007	259 t
2008	152 t
2009	157 t
2010	137 t

Fonte: E-PRTR; 2012

Ano	Óxidos de Enxofre (SO <sub>x</sub> /SO <sub>2</sub> )
2004	832 t
2007	570 t
2008	332 t
2009	358 t
2010	325 t

Fonte: E-PRTR; 2012

#### 2.4.19 Ambicare

Nome: Ambicare Industrial - Tratamento de Resíduos, S.A.

Facility: Ambicare Industrial - Tratamento de Resíduos, S.A

Endereço: Parque Industrial da Mitrena, Lote 75 Portugal, 2910-738, Setúbal

País: Portugal

Região: Setúbal

Região hidrográfica: Sado e Mira

Atividade (NACE): 33.14 Reparação e manutenção de equipamento elétrico

##### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
- Valorização ou eliminação de resíduos perigosos	5.(a)

Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

- Nada Relatado

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Nada Relatado

#### 2.4.20 Eco-Oil

Nome: ECO-OIL, Tratamento de Águas Contaminadas, SA

Facility: Eco-Oil, Tratamento de águas Contaminadas, SA

Endereço: Estrada da Mitrena, km 19 (Tanquisado), 2910-738, Setúbal

País: Portugal

Região: Setúbal

Região hidrográfica: Sado e Mira

Atividade (NACE): 38.32 Valorização de resíduos selecionados

##### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Valorização ou eliminação de resíduos perigosos	5.(a)

Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

- Nada Relatado

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Nada Relatado

### 2.4.21 SOPAC

Nome: Sopac, Sociedade Produtora de Adubos Compostos, S.A.  
 Facility: Sopac, Sociedade Produtora de Adubos Compostos, S.A.  
 Endereço: Herdade das Praias - Apartado 1080 - Sado, 2901-902, Setúbal  
 País: Portugal  
 Região: Setúbal  
 Região hidrográfica: Sado e Mira  
 Atividade (NACE): 20.15 Fabricação de adubos e de compostos azotados

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Instalações químicas para a produção em escala industrial de fósforo, fertilizantes nitrogenados, ou à base de potássio (adubos simples ou compostos)	4.(c)

#### Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

- Nada Relatado

#### Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Nada Relatado

### 2.4.22 Safetykleen

Nome: SAFETYKLEEN PORTUGAL-Solventes e Gestão de Resíduos, S.A.  
 Facility: SAFETYKLEEN PORTUGAL- Solventes e Gestão de Resíduos, S. A. - Sucursal Sul

Endereço: Vila Amélia, Lote 594 Cabanas - Palmela Portugal, 2950-805, QUINTA DO ANJO

País: Portugal

Região: Península de Setúbal

Região hidrográfica: Bacias do Tejo

Atividade (NACE): 38.12 Recolha de resíduos perigosos

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Instalações para a valorização ou eliminação de resíduos perigosos	5.(a)

Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

- Nada Relatado

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Nada Relatado

#### 2.4.23 Faurecia

Nome: Faurecia Sistemas de Interior de Portugal, Componentes para Automóveis, S.A

Facility: Faurecia S.I. de Port., Comp. para automóveis

Endereço: Parque Industrial AE, Quinta da Marquesa I, ICCI 10207; 2950-677, PALME-LA

País: Portugal

Região: Península de Setúbal

Região hidrográfica: Bacias do Tejo

Atividade (NACE): 22.29 Fabricação de outros artigos de plástico

#### Quadro de Atividades Industriais



Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Instalações de tratamento de superfície de substâncias, objetos ou produtos que utilizem solventes orgânicos, nomeadamente para operações de preparação, impressão, revestimento, desengorduramento, impermeabilização, colagem, pintura, limpeza ou impregnação	9.(c)

Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

- Nada Relatado

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Nada Relatado

## 2.4.24 Volkswagen

Nome: Volkswagen Autoeuropa, Lda.

Facility: Volkswagen Autoeuropa, Lda.

Endereço: Quinta da Marquesa, 2954-024, PALMELA

País: Portugal

Região: Península de Setúbal

Região hidrográfica: Bacias do Tejo

Atividade (NACE): 29.10 Fabricação de veículos automóveis

Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Instalações de tratamento de superfície de substâncias, objectos ou produtos que utilizem solventes orgânicos, nomeadamente para operações de preparação, impressão, revestimento, desengorduramento, impermeabilização, colagem, pintura, limpeza ou impregnação	9.(c)
Atividades Adicionais	
-Instalações de tratamento de superfície de metais e matérias plásticas que utilizem um processo eletrolítico ou químico	2.(f)

Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Partículas em suspensão (PM <sub>10</sub> )	65,6 t	0	0 %	Medido	Outros, metodologia de medição / outras medidas.

Fonte: E-PRTR; 2012

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

Ano	Partículas em Suspensão (PM <sub>10</sub> )
2007	134 t
2008	54,0 t
2009	85,5 t
2010	65,6 t

Fonte: E-PRTR; 2012

#### 2.4.25 Amcor

Nome: AMCOR FLEXIBLES NEOCEL

Facility: Amcor Flexibles Neocel - Embalagens

Endereço: Quinta da Marquesa IV, Quinta do Anjo, 2950-677, PALMELA

País: Portugal

Região: Península de Setúbal

Região hidrográfica: Bacias do Tejo

Atividade (NACE): 22.29 Fabricação de artigos de plástico

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Instalações de tratamento de superfície de substâncias, objetos ou produtos que utilizem solventes orgânicos, nomeadamente para operações de preparação, impressão, revestimento, desengorduramento, impermeabilização, colagem, pintura, limpeza ou impregnação	9.(c)

Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Compostos orgânicos voláteis sem metano. (NMVOC)	115 t	0	0 %	Calculado	MAB método de balanço de massa com o aceite de autoridade competente.

Fonte: E-PRTR; 2012

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Não Relatado o histórico dos poluentes: *CO*, *NO*, *NO<sub>2</sub>*, *NO<sub>x</sub>*, *O<sub>3</sub>*, *PM<sub>10</sub>*, *PM<sub>2,5</sub>* e *SO<sub>2</sub>*.**2.4.26 SPPM**

Nome: SPPM- Sociedade Portuguesa de Pintura e Módulos para Indústria Automóvel, S.A  
 Facility: SPPM- Sociedade Portuguesa de Pintura e Módulos para Indústria Automóvel, S.A

Endereço: Parque Industrial AutoEuropa- Quinta da Marquesa, 2950-659, Palmela

País: Portugal

Região: Península de Setúbal

Região hidrográfica: Bacias do Tejo

Atividade (NACE): 29.32 Fabricação de outros componentes e acessórios para veículos automóveis.

**Quadro de Atividades Industriais**

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Instalações de tratamento de superfície de substâncias, objetos ou produtos que utilizem solventes orgânicos, nomeadamente para operações de preparação, impressão, revestimento, desengorduramento, impermeabilização, colagem, pintura, limpeza ou impregnação	9.(c)

Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Compostos orgânicos voláteis sem metano. (NMVOC)	122 t	0	0 %	Calculado	MAB método de balanço de massa com o aceite de autoridade competente.

Fonte: E-PRTR; 2012

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Não Relatado o histórico dos poluentes: *CO*, *NO*, *NO<sub>2</sub>*, *NO<sub>x</sub>*, *O<sub>3</sub>*, *PM<sub>10</sub>*, *PM<sub>2,5</sub>* e *SO<sub>2</sub>*.**2.4.27 AMARSUL**

Nome: AMARSUL - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.

Facility: Aterro de Palmela

Endereço: Estrada Luís de Camões, Apartado 117, EC da Moita, 2861-909, PALMELA

País: Portugal

Região: Península de Setúbal

Região hidrográfica: Bacias do Tejo

Atividade (NACE): 38.21 Tratamento e eliminação de resíduos não perigosos

## Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Aterros	5.(d)

Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Metano (CH <sub>4</sub> )	2.500 t	0	0 %	Calculado	Escala Europeia SSC – Método de cálculo específico.

Fonte: E-PRTR; 2012

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Não Relatado o histórico dos poluentes: *CO*, *NO*, *NO<sub>2</sub>*, *NO<sub>x</sub>*, *O<sub>3</sub>*, *PM<sub>10</sub>*, *PM<sub>2,5</sub>* e *SO<sub>2</sub>*.

#### 2.4.28 Lifresca

Nome: LIFRESCA - Sociedade de Produtos Higiénicos, S.A.

Facility: LIFRESCA - Sociedade de Produtos Higiénicos, S.A.

Endereço: Quinta da Galega Casal do Marco, 2840-095

País: Portugal

Região: Península de Setúbal

Região hidrográfica: Bacias do Tejo

Atividade (NACE): 18.12 Outra impressão

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Instalações de tratamento de superfície de substâncias, objetos ou produtos que utilizem solventes orgânicos, nomeadamente para operações de preparação, impressão, revestimento, desengorduramento, impermeabilização, colagem, pintura, limpeza ou impregnação	9.(c)

#### Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Compostos orgânicos voláteis sem metano. (NMVOC)	326 t	0	0 %	Calculado	MAB método de balanço de massa com o aceite de autoridade competente.

Fonte: E-PRTR; 2012

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Não Relatado o histórico dos poluentes: *CO*, *NO*, *NO<sub>2</sub>*, *NO<sub>x</sub>*, *O<sub>3</sub>*, *PM<sub>10</sub>*, *PM<sub>2,5</sub>* e *SO<sub>2</sub>*.

### 2.4.29 RESIBRAS

Nome: RESIBRAS - Companhia Portuguesa de Resinas para Abrasivos S.A.

Facility: RESIBRAS - Companhia Portuguesa de Resinas para Abrasivos S.A.

Endereço: Parque Industrial de Carrascas Palmela, 2950-402, PALMELA

País: Portugal

Região: Península de Setúbal

Região hidrográfica: Bacias do Tejo

Atividade (NACE): 20.16 Fabricação de matérias plásticas sob formas primárias

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
- Materiais plásticos básicos (polímeros, fibras sintéticas e à base de celulose)	4.(a).(viii)

#### Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

- Nada Relatado

#### Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Nada Relatado

### 2.4.30 Electrofer IV

Nome: Electrofer IV - Tratamento de Superfícies, SA

Facility: Electrofer IV - Tratamento de Superfícies, SA

Endereço: Parque Ind. das Carrascas; Estrada Nacional 252 - Km 11, 2950-402, PALMELA

País: Portugal  
 Região: Península de Setúbal  
 Região hidrográfica: Bacias do Tejo  
 Atividade (NACE): 25.61 Tratamento e revestimento de metais

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Instalações de tratamento de superfície de metais e matérias plásticas que utilizem um processo eletrolítico ou químico	2.(f)

#### Tabela de poluentes emitidos ao ar no ano base 2010

- Nada Relatado

#### Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Nada Relatado

#### 2.4.31 Salemo

Nome: SALEMO & MERCA, L.DA  
 Facility: Salemo & Merca, Lda  
 Endereço: Estrada Municipal 533 - Biscaia, 2950-051, PALMELA  
 País: Portugal  
 Região: Península de Setúbal  
 Região hidrográfica: Bacias do Tejo  
 Atividade (NACE): 25.99 Fabricação de outros produtos metálicos, n.e.

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Instalações de tratamento de superfície de metais e matérias plásticas que utilizem um processo eletrolítico ou químico	2.(f)

Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

- Nada Relatado

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Nada Relatado

## 2.4.32 CARMONGADO

Nome: CARMONGADO - Sociedade Agropecuária, S.A.

Facility: Agropecuária Valinho, SA

Endereço: Herdade da Carrasqueira, 2965-212, PALMELA

País: Portugal

Região: Península de Setúbal

Região hidrográfica: Bacias do Tejo

Atividade (NACE): 01.46 Suinicultura

### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Instalações para a criação intensiva de aves de capoeira ou de suínos - Com 2 000 porcos de produção (de mais 30 kg)	7.(a).(ii)

Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Amônia (NH3)	84,1 t	0	0 %	Calculado	NRB metodologia nacional ou regional de medição / cálculo prescrito por ato legal para o poluente e instalação em questão.

Fonte: E-PRTR; 2012



Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Não Relatado o histórico dos poluentes: *CO*, *NO*, *NO<sub>2</sub>*, *NO<sub>x</sub>*, *O<sub>3</sub>*, *PM<sub>10</sub>*, *PM<sub>2,5</sub>* e *SO<sub>2</sub>*.

### 2.4.33 Parmalat

Nome: Parmalat Portugal - Produtos Alimentares, Lda.

Facility: Parmalat Portugal - Produtos Alimentares, Lda.

Endereço: Lugar do Castanheiro - Landeira, 2965-000, PALMELA

País: Portugal

Região: Península de Setúbal

Região hidrográfica: Bacias do Tejo

Atividade (NACE): 10.51 Indústria do leite e derivados

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Tratamento e transformação de leite	8.(c)

#### Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera no ano base 2010

- Nada Relatado

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Nada Relatado

### 2.4.34 Milne

Nome: A. MILNE CARMO, S.A.

Facility: Fábrica Secil - Outão

Endereço: Estrada Nacional 4, Km 46,5 Pontal, 2985-228

País: Portugal

Região: Península de Setúbal

Região hidrográfica: Bacias do Tejo

Atividade (NACE): 16.10 Serração, aplainamento e impregnação da madeira

#### Quadro de Atividades Industriais

Atividades Industriais	IPPC-code
Atividades Principais	
-Plantas industriais para a preservação de madeira e produtos de madeira com produtos químicos	6.(c)

#### Tabela de poluentes emitidos para a atmosfera ano base 2010

Nome do Poluente	Total	Acidental	Acidental %	Método	Método utilizado
Compostos orgânicos voláteis sem metano. (NMVOC)	127 t	0	0 %	Calculado	Outros

Fonte: E-PRTR; 2012

Histórico da produção de poluentes emitidos para a atmosfera:

- Não Relatado o histórico dos poluentes:  $CO$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$ ,  $O_3$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $SO_2$ .

## ANEXO III

### LIMITES DE ACORDO COM O DECRETO-LEI N.º 102/2010

DE 23 DE SETEMBRO

#### Valores alvo e objectivos a longo prazo para o ozono

##### B — Valores alvo

Objectivo	Período de referência	Valor alvo	Data limite para a observância do valor alvo <sup>(1)</sup>
Protecção da saúde humana . . .	Valor máximo diário das médias octo-horárias, calculadas por períodos consecutivos de oito horas <sup>(2)</sup> .	120 µg/m <sup>3</sup> , a não exceder mais de 25 dias, em média, por ano civil, num período de três anos <sup>(3)</sup> .	1-1-2010

##### B — Valores limite

Período de referência	Valor limite	Margem de tolerância	Data limite para a observância do valor limite
<b>Dióxido de enxofre</b>			
Uma hora . . . . .	350 µg/m <sup>3</sup> , a não exceder mais de 24 vezes por ano civil.	150 µg/m <sup>3</sup> (43%) . . . . .	— <sup>(1)</sup>
Um dia . . . . .	125 µg/m <sup>3</sup> , a não exceder mais de três vezes por ano civil.	Nenhuma . . . . .	— <sup>(1)</sup>
<b>Dióxido de azoto</b>			
Uma hora . . . . .	200 µg/m <sup>3</sup> , a não exceder mais de 18 vezes por ano civil.	50% em 19 de Julho de 1999, a reduzir em 1 de Janeiro de 2001 e em cada período de 12 meses subsequente numa percentagem anual idêntica, até atingir 0% em 1 de Janeiro de 2010.	1 de Janeiro de 2010.
Ano civil . . . . .	40 µg/m <sup>3</sup> . . . . .	50% em 19 de Julho de 1999, a reduzir em 1 de Janeiro de 2001 e em cada período de 12 meses subsequente numa percentagem anual idêntica, até atingir 0% em 1 de Janeiro de 2010.	1 de Janeiro de 2010.

Período de referência	Valor limite	Margem de tolerância	Data limite para a observância do valor limite
<b>Monóxido de carbono</b>			
Máximo diário das médias de oito horas <sup>(2)</sup> .	10 mg/m <sup>3</sup> .....	60% .....	– <sup>(1)</sup>
<b>PM<sub>10</sub></b>			
1 dia .....	50 µg/m <sup>3</sup> , a não exceder mais de 35 vezes por ano civil.	50% .....	– <sup>(1)</sup>
Ano civil .....	40 µg/m <sup>3</sup> .....	20% .....	– <sup>(1)</sup>

### Objectivo nacional de redução da exposição, valor alvo e valor limite para PM<sub>2,5</sub>

E — Valor limite

Período de referência	Valor limite	Margem de tolerância	Data limite para a observância do valor limite
<b>Fase 1</b>			
Ano civil .....	25 µg/m <sup>3</sup>	20% até 11 de Junho de 2008, a reduzir no dia 1 de Janeiro seguinte e em cada período de 12 meses subsequentes numa percentagem anual idêntica, até atingir 0% em 1 de Janeiro de 2015.	1 de Janeiro de 2015.

## ANEXO IV

### DADOS DA TESE

O trabalho em números:

- Estações analisadas: 11 unidades.
- Poluentes estudados: 8 poluentes.
- Número de horas médio levantado por estação: 8427,08 horas / poluente.
- Número Total de horas levantado: 539333 horas / poluente.
- Período dos dados levantados: 01h00 de 01 janeiro de 2010 às 23h59 de

31 dezembro de 2010.

- Número de fontes de dados: 3 (Qualar, EDP, SECIL).
- Número de programas gráficos: 3. Para produção dos gráficos: a) Gráficos de *Rosa de Poluentes* foi utilizado o programa *Rstudio* com o *Open-Ar*; b) Gráfico da *Rosa dos Ventos* foi utilizado o programa *Rstudio* com o *Open-Ar*; c) Gráficos de *Média de Poluentes Horário* foi utilizado o programa *Microsoft Office Excel*; d) Gráficos de *Sazonalidade* foi utilizado o programa *Microsoft Office Excel*; e) Gráficos de *Diagrama de Extremos e Quartis – Box-plot* foi utilizado o programa *Origin Pro*.

- Número de programas estatísticos: 1. Para os análise estatística de comparação de grupos foi utilizado o programa *Statistic*.